



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES
MUNICIPALES, CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA ALDEA EL COROZO,
MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL**

Fernando Augusto Velásquez Conde
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, abril de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES
MUNICIPALES, CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA ALDEA EL COROZO,
MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES
MUNICIPALES, CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA ALDEA EL COROZO,
MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 14 de octubre de 2010.



Fernando Augusto Velásquez Conde



Guatemala, 21 de octubre de 2011
REF.EPS.DOC.1382.10.11

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.


Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Fernando Augusto Velásquez Conde** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200516056**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES, CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA ALDEA EL COROZO, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL”**.

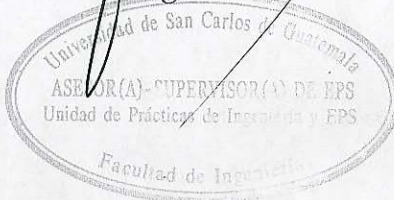
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Juan Merck Cos
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
JMC/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
22 de noviembre de 2011

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES, CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA LA ALDEA EL COROZO, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Fernando Augusto Velásquez Conde, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Mario Estuardo Arriola Ávila
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
8 de febrero de 2012

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES, CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA LA ALDEA EL COROZO, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Fernando Augusto Velásquez Conde, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.



Guatemala, 17 de febrero de 2012
Ref.EPS.D.170.02.12

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

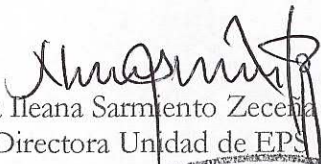
Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES, CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA ALDEA EL COROZO, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Fernando Augusto Velásquez Conde**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Fernando Augusto Velásquez Conde, titulado DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES, CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA ALDEA EL COROZO, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril de 2012

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua

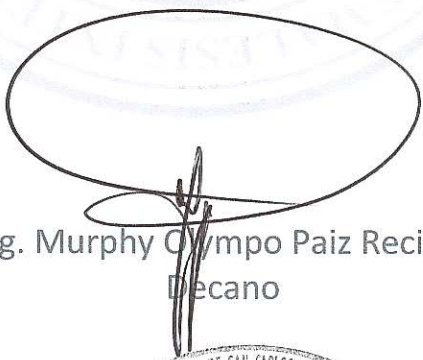




DTG. 161.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES, CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA ALDEA EL COROZO, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL**, presentado por el estudiante universitario **Fernando Augusto Velásquez Conde**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 18 de abril de 2012



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Padre Dios verdadero omnipresente, omnipotente.
Mis padres	Enrique Velásquez Monroy Bernis Petrona Conde Ramírez
Mis hermanas	Ilmy Leny y Milin Azucena Velásquez Conde
Mi sobrino	Runy Enmanuel Tobar Velásquez
Mis amigos y compañeros	Nazir Barrow, Jorge Ortiz, Luis Zamora, Jenner Argueta, Erick Morataya, José Cano, Byron Roldan y a todos mis amigos que compartimos buenos momentos en la residencia.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por darme la vida, sabiduría, paciencia para poder culminar mi carrera de Ingeniería y alcanzar este triunfo.
- Mis padres** Enrique Velásquez Monroy
Bernis Petrona Conde Ramírez
Por todo el sacrificio, paciencia, amor que me han dado para que pudiera cumplir otra meta más y el apoyo incondicional, sin ustedes no sería lo que hoy estoy obteniendo.
- Mis hermanas** Ilmy Leny y Milin Azucena Velásquez Conde
Por dame su cariño, apoyo, comprensión y consejos para realizar y alcanzar esta meta.
- Mi sobrino** Runy Enmanuel Tobar Velásquez
Por darme esa luz de esperanza, alegría e inocencia en los momentos que lo necesitaba, que este esfuerzo sea de ejemplo para él en su vida.
- Mi novia** Vivian Mariela Beltetón Veliz
Por apoyarme incondicionalmente, darme su amor, cariño y esa alegría que llenó mi vida para poder alcanzar esta meta.

**Mis amigos
y compañeros**

Por esa amistad sincera, por darme su apoyo en todo lo que necesité, por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas, dándome su amistad incondicional y contribuyendo con sus conocimientos, así como también, en su compañía en todo este recorrido.

**Fray Guillermo
Bonilla**

Por ser como un segundo padre para mí, quien en los momentos más precisos de mi vida me brindó sus consejos y guía espiritual.

Ing. Juan Merck

Por esa confianza, amistad y asesoría profesional que me dio para poder realizar esta meta.

**Municipalidad de
Puerto Barrios**

Por darme la oportunidad de realizar mi EPS en sus instalaciones, especiales agradecimientos a José Luis Morales, Obed Martínez, Prof. Franco por su apoyo y amistad.

**La Universidad
de San Carlos
de Guatemala**

Porque fue como mi segunda casa, en especial a la Facultad de Ingeniería, que me dio la oportunidad de expandir mis conocimientos para lograr esta meta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESÚMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía de la aldea el corozo.....	1
1.1.1. Ubicación.....	1
1.1.2. Localización.....	2
1.1.3. Extensión territorial.....	2
1.1.4. Vías de comunicación	2
1.1.5. Clima	2
1.1.6. Topografía.....	3
1.1.7. Organización comunitaria.....	3
1.1.8. Idioma.....	4
1.1.9. Aspectos de vivienda.....	4
1.1.10. Servicios básicos.....	5
1.1.10.1. Medios de abastecimiento de agua....	5
1.1.10.2. Energía eléctrica.....	6
1.1.10.3. Servicios públicos con que cuenta.....	6
1.1.10.4. Problemas y necesidades de la comunidad.....	7

1.2.	Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea El Corozo	7
1.2.1.	Descripción de las necesidades.....	7
1.2.2.	Análisis y priorización de las necesidades	8
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	9
2.1.	Diseño de la edificación de dos niveles para locales comerciales municipales.....	9
2.1.1.	Descripción del proyecto y criterios de diseño.....	9
2.1.2.	Estudio preliminar.....	10
2.1.2.1.	Terreno disponible.....	10
2.1.2.2.	Análisis de suelo	10
2.1.2.2.1.	Ensayo triaxial	10
2.1.3.	Diseño arquitectónico.....	12
2.1.3.1.	Ubicación del edificio en el terreno... ..	12
2.1.3.2.	Distribución de ambientes.....	12
2.1.3.3.	Altura del edificio.....	12
2.1.3.4.	Selección del sistema estructural a usar.....	13
2.1.4.	Análisis estructural.....	13
2.1.4.1.	Pre-dimensionamiento estructural.....	13
2.1.4.2.	Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos.....	17
2.1.4.3.	Cargas aplicadas a los marcos dúctiles.....	18
2.1.4.3.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles.....	18
2.1.4.3.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles.....	26

	2.1.4.3.3.	Análisis de marcos dúctiles utilizando <i>software</i> y comprobación por medio de un método numérico.....	35
	2.1.4.3.4.	Momento último por envolvente de momentos.....	44
	2.1.4.3.5.	Diagramas de momentos y corte.....	46
2.1.5.		Diseño estructural.....	49
	2.1.5.1.	Losas	49
	2.1.5.2.	Vigas	63
	2.1.5.3.	Columnas	71
	2.1.5.4.	Zapatas	83
	2.1.5.5.	Gradas	103
2.1.6.		Instalaciones eléctricas.....	110
2.1.7.		Instalaciones hidráulicas	111
2.1.8.		Planos constructivos	117
2.1.9.		Presupuesto	117
2.1.10.		Evaluación de impacto ambiental	119
2.2.		Diseño de la carretera y pavimentación hacia aldea El Corozo.....	121
	2.2.1.	Descripción del proyecto y criterios de diseño....	122
	2.2.2.	Preliminar de campo.....	122
	2.2.2.1.	Reconocimiento.....	122
	2.2.2.2.	Levantamiento topográfico.....	123

2.2.3.	Dibujo preliminar.....	124
2.2.3.1.	Dibujo planimétrico.....	124
2.2.3.2.	Dibujo altimétrico.....	124
2.2.3.3.	Curvas de nivel.....	125
2.2.4.	Diseño de localización.....	126
2.2.4.1.	Corrimiento de línea.....	127
2.2.4.2.	Cálculo de elementos de curva horizontal.....	130
2.2.4.3.	Determinación de curva vertical.....	137
2.2.5.	Movimiento de tierra.....	141
2.2.5.1.	Área de secciones transversales....	141
2.2.5.2.	Volúmenes de tierra.....	143
2.2.6.	Determinación de la calidad del suelo.....	146
2.2.6.1.	Pruebas de laboratorio	147
2.2.6.2.	Criterio para definir la capa de rodadura.....	152
2.2.7.	Diseño de pavimento.....	152
2.2.8.	Drenajes.....	157
2.2.8.1.	Drenaje longitudinal.....	158
2.2.8.2.	Drenaje transversal.....	161
2.2.9.	Elaboración de planos de proyecto.....	166
2.2.10.	Presupuesto	166
CONCLUSIONES.....		169
RECOMENDACIONES		171
BIBLIOGRAFÍA		173
APÉNDICE.....		175
ANEXOS.....		177

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Área tributaria columna crítica	15
2.	Marco dúctil, sección longitudinal	17
3.	Marco dúctil, sección transversal	18
4.	Planta primer nivel	22
5.	Planta de áreas tributarias	24
6.	Carga muerta y carga viva, marco C	25
7.	Carga muerta y carga viva, marco 2	26
8.	Fuerzas por marco en X	34
9.	Fuerzas por marco en Y	34
10.	Momentos por carga muerta en vigas sentido X (kg-m)	38
11.	Momentos por carga muerta en vigas sentido Y (kg-m)	38
12.	Momentos por carga viva en vigas sentido X (kg-m).....	39
13.	Momentos por carga viva en vigas sentido Y (kg-m)	39
14.	Momentos por carga de sismo en vigas sentido X (kg-m)	40
15.	Momentos por carga de sismo en vigas sentido Y (kg-m)	40
16.	Momentos por carga muerta en columnas sentido X (kg-m)	41
17.	Momentos por carga muerta en columnas sentido Y (kg-m)	41
18.	Momentos por carga viva en columnas sentido X (kg-m)	42
19.	Momentos por carga viva en columnas sentido Y (kg-m)	42
20.	Momentos por carga de sismo en columnas sentido X (kg-m)	43
21.	Momentos por carga de sismo en columnas sentido Y (kg-m)	43
22.	Envolvente de momentos en vigas sentido X (kg-m)	44

23.	Envolvente de momentos en vigas sentido Y (kg-m)	45
24.	Envolvente de momentos en columnas sentido X (kg-m)	45
25.	Envolvente de momentos en columnas sentido Y (kg-m)	46
26.	Diagrama de corte en vigas sentido X (kg)	47
27.	Diagrama de corte en vigas sentido Y (kg)	48
28.	Diagrama de corte en columnas sentido X (kg)	48
29.	Diagrama de corte en columnas sentido Y (kg)	49
30.	Planta de losas del primer nivel	50
31.	Determinación de los momentos en losas	52
32.	Momentos en losas	55
33.	Balanceo de momentos	57
34.	Momentos balanceados en losas del primer nivel	59
35.	Detalle de armado en viga 1X	70
36.	Carga resistente, JC-diseño de concreto	78
37.	Detalle de columnas	82
38.	Corte simple en zapata.....	86
39.	Corte punzonante en zapata.....	87
40.	Detalle de armado de zapata	89
41.	Fuerzas sobre zapata combinada.....	90
42.	Planta zapatas combinadas.....	91
43.	Cargas equivalentes en el centro geométrico.....	92
44.	Presiones sobre el suelo.....	93
45.	Presiones sobre el cimiento.....	94
46.	Presión última bajo el cimiento.....	95
47.	Presión última por metro lineal.....	96
48.	Diagramas de corte y momento.....	97
49.	Vigas transversales.....	100
50.	Zapata por corte simple.....	101
51.	Zapata por flexión.....	102

52.	Detalle de elevación armado zapata combinada.....	103
53.	Planta-elevación módulo de gradas	106
54.	Sección transversal módulo de gradas	109
55.	Ábaco para el cálculo de tuberías de agua fría	112
56.	Curvas de nivel.....	125
57.	Corrimiento de línea	128
58.	Elementos de curva horizontal.....	131
59.	Grado de curvatura	133
60.	Componentes de curva vertical	138
61.	Sección transversal.....	141
62.	Tipos de secciones transversales	143
63.	Volumen entre secciones del mismo tipo	144
64.	Volumen entre secciones de diferente tipo	145
65.	Diseño de cuneta.....	159
66.	Detalle de cuneta	160
67.	Área de influencia de la cuenca.....	164

TABLAS

I.	Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas	19
II.	Integración de peso de cada nivel con su altura.....	32
III.	Resumen de cálculo de momentos en losa.....	54
IV.	Cálculo de área de acero	65
V.	Diseño de vigas a flexión.....	67
VI.	Cálculo de área de acero en columna	78
VII.	Peso de accesorios para método de hunter.....	111
VIII.	Diámetros mínimos de tubos para sub-ramales	113
IX.	Unidades de hunter de contribución de los aparatos sanitarios y diámetro nominal de los ramales de descarga	114

X.	Dimensiones de ramales de drenajes	114
XI.	Presupuesto edificio para locales comerciales.....	118
XII.	Boleta de riesgo edificio municipal.....	119
XIII.	Características geométricas	127
XIV.	Especificaciones para curvas circulares, especificaciones para camino de penetración, sección típica E.....	134
XV.	Resumen diseño geométrico.....	136
XVI.	Valores de k para curvas cóncavas y convexas	139
XVII.	Ejemplo de determinación de longitud de curvas verticales.....	140
XVIII.	Área de secciones transversales.....	142
XIX.	Tipología de suelos SUCS	148
XX.	Clasificación de suelos AASTHO.....	150
XXI.	Resistencia del suelo.....	152
XXII.	Clasificación de vehículos según su categoría.....	153
XXIII.	Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de k.....	155
XXIV.	Espesor óptimo de carpeta de rodadura en función de M_r y k.....	157
XXV.	Valores indicativos del coeficiente de escorrentía.....	164
XXVI.	Parámetros A, B y n de la ecuación de intensidad de lluvia.....	165
XXVII.	Presupuesto carretera hacia El Corozo	167

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
h_v	Altura de la viga
A_s	Área de acero
A_{s máx}	Área de acero máxima
A_{s mín}	Área de acero mínima
A_v	Área de la varilla
A_g	Área Gruesa
P_t	Carga de trabajo
W	Carga distribuida
CM	Carga muerta
CMU	Carga muerta última
P	Carga puntual
CU	Carga última
CV	Carga viva
CVU	Carga viva última
cm	Centímetro
cm²	Centímetro cuadrado
cm³	Centímetro cúbico
k	Coefficiente de longitud efectiva
C_b	Coefficiente para momento método 3 ACI, lado mayor
C_a	Coefficiente para momento método 3 ACI, lado menor
K	Constante para diseño de curvas verticales
ρ	Cuantía de acero
C_m	Cuerda Máxima

Δ	Deflexión
\emptyset	Diámetro
V	Esfuerzo de corte
Vr	Esfuerzo de corte resistido
fy	Esfuerzo de fluencia de acero
FS	Factor de seguridad
G	Grado de curvatura
kg	Kilogramo
kg*m	Kilogramo por metro
kg/m ²	Kilogramo sobre metro cuadrado
kg/m ³	Kilogramo sobre metro cubico
Lc	Longitud de curva
m ²	Metro cuadrado
m	Metro lineal
MB	Momento balanceado
Mb	Momento del lado mayor
Ma	Momento del lado menor
M(-)	Momento negativo
M(+)	Momento positivo
P%	Pendiente en porcentaje
d	Peralte efectivo
t	Peralte total
q	Presión sobre el suelo por debajo de la zapata
R	Radio
Rec	Recubrimiento
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
St	Sub-tangente
ton	Tonelada
VS	Valor soporte del suelo

GLOSARIO

ACI	Instituto Americano del Concreto.
Área de acero mínima	Cantidad de acero, determinado por la sección y el límite de fluencia.
Aldea	Pueblo pequeño de escaso vecindario; que por lo general no cuenta con autoridades para gobernar y juzgar.
Análisis estructural	Proceso para determinar la respuesta de la estructura, ante las acciones que puedan afectarla.
Balasto	Es el material selecto, que se coloca sobre la subrasante de una carretera, el cual se compone de un material bien graduado, es decir, que consta de material fino y grueso, con el objeto de protegerla y de que sirva de superficie de rodadura.
Cabezal	Muro central de entrada y salida de las tuberías; diseñado y construido para sostener y proteger los taludes y encauzar las aguas.
Carga muerta	Peso muerto soportado por un elemento estructural, incluyendo el propio.

Carga viva	Peso variable dado por el personal, maquinaria móvil, etc., soportado por un elemento.
Cimiento corrido	Es el que se construye debajo de un muro.
Columna	Miembro que se usa principalmente para resistir carga axial de compresión; que tiene una altura, por lo menos, tres veces su menor dimensión lateral.
Columna esbelta	Es aquella en que la carga última también está influida por la esbeltéz; lo que produce flexión adicional debido a las deformaciones transversales.
Comunidad	Conjunto de personas que viven bajo ciertas reglas y que tienen algo en común.
Concreto	Es una mezcla adecuadamente proporcionada de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua.
Concreto reforzado	Concreto que contiene el refuerzo de acero.
Confinamiento	El concreto queda confinado cuando a esfuerzos que se aproximan a la resistencia uniaxial; las deformaciones transversales se hacen muy elevadas debido al agrietamiento interno progresivo; el concreto se apoya contra el refuerzo del mismo.

Cuneta	Zanja lateral paralela al eje de la carretera o del camino; construida entre los extremos de los hombros y al pie de los taludes.
Diseño	Trazo o delineación de la distribución y orden de los elementos estructurales que componen un edificio.
Dimensionamiento	Trazo o delineación de la distribución u orden de los elementos estructurales que componen un edificio.
Drenajes	Controlan las condiciones de flujo de agua en terracerías, mejoran las condiciones de estabilidad de cortes, terraplenes y pavimentos.
Estribo	Elemento de una estructura que resiste el esfuerzo cortante
Mampostería	Obra hecha con elementos sobrepuestos.
Momento	Esfuerzo al que se somete un cuerpo, debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia de su centro de masa.
Momento resistente	Es el momento que puede resistir una estructura con cierta cantidad de acero.
Predimensionar	Es dar medidas preliminares a los elementos que componen una estructura; que serán utilizados para soportar las cargas aplicadas.

Rasante	Es el nivel de la superficie de rodamiento de una carretera o camino.
Relleno	Es el material especial o de terracería; uniformemente colocado y compactado en las partes laterales y superior de las cajas, así como atrás de los aletones.
Sección típica	Es toda la extensión de la carretera; tiene una sección que permanece uniforme la mayoría de las veces.
Solera	Elemento estructural horizontal de un muro; que resiste esfuerzos y confina los muros.
Terracería	Es el conjunto de operaciones de cortes, préstamos, rellenos, terraplenes y desperdicios de material que se realizan hasta alcanzar una rasante determinada; de conformidad con los niveles indicados en los planos.
Topografía	Arte de describir y delinear detalladamente la superficie de un terreno.
Zapata	Tiene por objeto transmitir la carga al subsuelo, a una presión adecuada a las propiedades del suelo.

RESUMEN

El trabajo que se presenta a continuación, contiene dos fases que son: fase de investigación y fase de servicio técnico profesional. En la fase de investigación se desarrolló una investigación de tipo monográfica y un diagnóstico de necesidades de servicios básicas e infraestructuras de la aldea El Corozo.

En la fase de servicio técnico profesional se describe el diseño de una edificación de dos niveles para locales comerciales municipales, el cual, está ubicado en el casco urbano del municipio de Puerto Barrios, la estructura es a base de marcos dúctiles y nudos rígidos con losas planas de concreto reforzado, y el diseño de la carretera y pavimentación hacia la aldea El Corozo, la cual, se diseñó con una sección típica E, y con una longitud de 3.03 km, su velocidad de diseño será de 30 km/h, el tipo de pavimento es rígido, para el diseño se tomaron las normas de la Dirección General de Caminos.

OBJETIVOS

General

Diseño de la edificación de dos niveles para locales comerciales municipales, carretera y pavimentación hacia aldea El Corozo, municipio de Puerto Barrios, departamento de Izabal.

Específicos

1. Desarrollar una investigación monográfica y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea El Corozo, municipio de Puerto Barrios, departamento de Izabal.
2. Capacitar a los miembros del COCODE de la aldea El Corozo, sobre aspectos de operación y mantenimiento de la carretera.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Puerto Barrios está ubicado a 298 km de la ciudad capital, es el municipio de mayor importancia del departamento de Izabal, ya que ahí se encuentran dos de los puertos más importantes del país.

La aldea El Corozo se encuentra ubicada a 17 km de la cabecera municipal de Puerto Barrios, esta aldea carece de muchos servicios básicos, tales como, carreteras y servicio de agua potable.

En el municipio de Puerto Barrios, se considera la falta de edificios destinados a locales comerciales y en la aldea El Corozo hay carreteras en muy mal estado, por lo cual, los habitantes no pueden llevar sus ventas a otros lugares, esto afecta socioeconómicamente a los pobladores de la aldea El Corozo.

En este trabajo se plantean las siguientes soluciones: el diseño de un edificio de dos niveles destinado a locales comerciales y el diseño de la carretera y pavimentación hacia la aldea El Corozo.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

En esta fase se desarrollará una investigación monográfica y un diagnóstico, sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea El Corozo, municipio de Puerto Barrios, departamento de Izabal.

1.1. Monografía de la aldea El Corozo

La Comunidad el Corozo Milla Cuatro fue fundada en el año de 1910 por personas que procedían de la región de Alta Verapaz, y departamentos de Chiquimula, Zacapa, Jutiapa, así como países de Honduras y San Salvador, que trabajaban en la vía férrea.

El nombre de la Aldea se debe a que en esa época la mayor parte de bosque consistía en árboles de Corozo por tal razón, los habitantes le denominaron con el nombre de “Corozo” y la diferenciaron entre millas, debido a las paradas estacionales del ferrocarril.

1.1.1. Ubicación

La aldea El Corozo se ubica a 17 km al noreste de la cabecera municipal. Dicha comunidad se encuentra a una latitud norte de 15° 42' 47.6” y una longitud oeste de 88° 32' 11.5”.

1.1.2. Localización

Para llegar a la aldea El Corozo, que se encuentra a 17 km al noreste de la cabecera municipal; se toma el camino que conduce a Amatique Bay y unos 5 km antes de llegar a dicho lugar, se encuentra el cruce hacia el lado derecho que va directo a la aldea El Corozo; por medio de un camino de terracería.

1.1.3. Extensión territorial

La aldea El Corozo se encuentra a una distancia de 325 kilómetros de la ciudad capital; con una extensión territorial de 30 kilómetros cuadrados. Se tiene un aproximado de 1004 habitantes, tomando en cuenta la colonia Marleny, Corozo Milla 3, Corozo Milla 4 y Corozo Milla 5, las cuales conforman la aldea El Corozo.

1.1.4. Vías de comunicación

En la actualidad existe una carretera de terracería que va desde la colonia Marleny hasta El Corozo; en la cual transitan vehículos livianos como microbuses, motos y camiones pequeños, ésta se encuentra en mal estado por la falta de mantenimiento. Se tiene también vías de ferrocarril, las cuales no están en uso desde hace muchos años.

1.1.5. Clima

El clima del área puede designarse como tropical, puesto que durante casi todo el año las temperaturas son cálidas y una humedad promedio de 84 %.

La estación meteorológica más cercana está ubicada en la zona militar de Puerto Barrios, la cual brindó la información que el mes más seco es marzo, llegando a una temperatura máxima promedio de 32 grados y el mes más lluvioso es octubre, llegando a una temperatura mínima promedio de 19 grados.

1.1.6. Topografía

La topografía del lugar es muy variada, en la cabecera municipal que es Puerto Barrios, es plana y rara la parte ondulada, ya que en el parque del municipio la altura sobre el nivel del mar es de 0.67, pero en la aldea El Corozo la topografía es ondulada y tiene muchas montañas, aunque no con mucha pendiente y aproximadamente la altura máxima registrada es de 145 metros sobre el nivel del mar.

1.1.7. Organización comunitaria

El objetivo de hacer una organización comunitaria, es la formación de un comité organizador, que realiza reuniones con miembros de la comunidad, para formar equipos de trabajo, y definir las acciones para el desarrollo del programa.

La comunidad Corozo Milla Cuatro, organizacionalmente está constituida por el Consejo Comunitario de desarrollo, el cual es la máxima autoridad comunitaria avalada por la municipalidad de Puerto Barrios, Izabal.

- Comité de proyecto de Agua Potable
- Consejo comunitario. El Consejo Comunitario está organizado por una junta directiva compuesta por:
 - Presidente
 - Vice Presidente
 - Secretaria
 - Pro-secretaria
 - Tesorero
 - Pro-tesorero
 - Vocales (de I al VII)

Estos son los responsables de gestionar proyectos con instituciones y organizaciones no gubernamentales, para el beneficio de los pobladores de la aldea El Corozo, por lo cual también se considera que son todos los pobladores parte del Consejo.

1.1.8. Idioma

La mayor parte de la población se encuentra en Corozo Milla Cinco. Un 30% de la población habla el idioma Quekchí y Español y un 70% de la población habla solo Español.

1.1.9. Aspectos de vivienda

Las viviendas son simples y rústicas, construidas con materiales del lugar, el techo se construye con hojas de palma, las paredes son de madera, el piso de tierra, la cocina son polletones de fogón abierto, en la mayoría se encuentra dentro de la misma casa.

Las viviendas cuentan comúnmente con un cuarto o a lo máximo dos, donde realizan todas las actividades domésticas, siendo a la vez bodega, cocina y dormitorio. Se duerme en hamacas o en catres contruidos por los mismos habitantes. Muy pocas personas tienen sus casas construidas con blocks, camas normales y cuentan con dos o tres dormitorios, aparte tienen su cocina con cilindro de gas y polletón.

1.1.10. Servicios básicos

Son las obras de infraestructuras necesarias para una vida saludable. Entre otros son reconocidos como servicios básicos; el sistema de abastecimiento de agua potable, el sistema de alcantarillado de aguas servidas, la red de distribución de energía eléctrica y otros.

1.1.10.1. Medios de abastecimiento de agua

El 29 de septiembre de 1985 se inició el proyecto de agua potable por la institución UNEPAR. El uso actual del agua proviene del río Escondido, este líquido tiene una gran demanda para las comunidades aledañas como: Corozo Milla 5, Milla 4 y Milla 3, es utilizado para consumo humano, preparación de alimentos, lavado de ropa, utensilios de cocina y consumo animal.

Según estudios realizados el agua es apta para consumo humano, pero debido al mal diseño del sistema, mala administración y educación del servicio, hace que el servicio no abastezca a las comunidades en las partes bajas como Corozo Milla 4 y Milla 3.

1.1.10.2. Energía eléctrica

Dicha comunidad cuenta con servicio de energía eléctrica en un 90%, el promedio de costo por consumo mensual de energía eléctrica, es aproximadamente Q 65.00. No todos cuentan con el servicio, ya que muchos no pagan la cuota requerida y otros por sus ingresos económicos muy bajos no pueden optar por el servicio, el servicio es proporcionado por DEORSA.

1.1.10.3. Servicios públicos con que cuenta

Transporte: la aldea El Corozo cuenta con un solo tipo de transporte, el cual es el terrestre, por medio de microbuses ya que no se tiene una carretera amplia como para que entren buses de mayor tamaño. Los microbuses prestan el servicio a diario y constantemente, hacia y desde el centro de la cabecera municipal de Puerto Barrios.

Comerciales: solamente se cuenta con tiendas de artículos de primera necesidad.

Educación: en la comunidad existe la escuela con el nombre de Escuela Oficial Rural Mixta El Corozo; que ofrece el nivel primario de educación completo, está compartida con ocho aulas, una cancha de basket ball, atendida por ocho profesores.

1.1.10.4. Problemas y necesidades de la comunidad

Los problemas y necesidades que tiene la aldea El Corozo son: alcantarillado sanitario, mejoramiento de las vías de comunicación, centros de salud, mejoramiento y construcción de escuelas, así como también, mejoramiento de la distribución de agua potable y de la energía eléctrica.

1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea El Corozo

La investigación diagnóstica no es más que hacer una lista detallada de las necesidades y servicios básicos de la aldea y priorizarlas.

1.2.1. Descripción de las necesidades

Las necesidades principales por satisfacer son:

- Mejoramiento de vías de comunicación: la principal vía de comunicación es de terracería, la que se encuentra en mal estado por falta de mantenimiento, a tal grado que en época de invierno es intransitable.
- Ampliación del sistema de energía eléctrica: no todas las viviendas de la aldea tienen acceso al servicio; en la actualidad solo el 40 % de la población lo posee, por lo que es prioridad ampliar la red.

- Sistema de agua potable: el sistema presenta mucha deficiencia por la falta de mantenimiento, por lo tanto ya no presta el servicio como debe de ser, así como tampoco, se da abasto para toda la aldea El Corozo, no todos tiene acceso a esta red, esto contribuye de manera significativa a los altos índices de enfermedades gastrointestinales en niños y ancianos.
- Centro de salud: los pobladores de la aldea El Corozo tienen que ir hasta el municipio de Puerto Barrios cuando necesitan atención médica.
- Edificio educativo: el único centro educativo que hay en la aldea El Corozo no se da abasto a la demanda, ya que es demasiado pequeño.
- Sistema de alcantarillado sanitario: la aldea carece de este servicio, las aguas negras corren a flor de tierra, provocando la contaminación y enfermedades.

1.2.2. Análisis y priorización de las necesidades

Analizando las necesidades de la aldea El Corozo y el municipio de Puerto Barrios, se priorizó de la forma siguiente:

- Edificación de dos niveles para locales comerciales municipales
- Carretera y pavimentación hacia aldea El Corozo
- Construcción de centro de salud
- Introducción del sistema de agua potable

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

En esta fase se describen las características de los proyectos, así como, también se realiza el diseño de los mismos.

2.1. Diseño de la edificación de dos niveles para locales comerciales municipales

Para el diseño del edificio es necesario hacer visitas de campo, levantamientos topográficos, análisis de suelos, luego se determinará las cargas vivas y muertas de cada ambiente y así proceder al diseño de cada elemento.

2.1.1. Descripción del proyecto y criterios de diseño

El proyecto consiste en el diseño de un edificio de dos niveles destinado a locales comerciales municipales; el área útil de los locales comerciales se diseñó de tal forma que cubra las necesidades que requiere un local comercial; por tal razón se incorporó un servicio sanitario para cada local.

La estructura será a base de marcos dúctiles con nudos rígidos y losa de concreto reforzado, muros tabiques de 15 cm de espesor.

Las cargas vivas de diseño se tomaron del código AGIES, el código de diseño a utilizar para los elementos de concreto reforzado es el ACI 318 05.

2.1.2. Estudio preliminar

Se utiliza generalmente para referirse a todas las etapas preparatorias necesarias para poner en marcha el proyecto.

2.1.2.1. Terreno disponible

El terreno disponible es propiedad de la Municipalidad de Puerto Barrios, está ubicado en la 7 av. y 7 calle, el área a utilizar será de 30 m de largo y 13 m de ancho, actualmente el terreno tiene aproximadamente 60 cm de relleno.

2.1.2.2. Análisis de suelos

El análisis de suelos sirve para conocer las características del suelo, las cuales sirven para calcular el valor soporte, para el efecto se realizó un ensayo de compresión triaxial.

2.1.2.2.1. Ensayo triaxial

Este ensayo se realizó en el CII, a una muestra de suelo extraída a una profundidad de 2 metros, los resultados del ensayo son los siguientes: (ver anexo 1).

Tipo de ensayo: no consolidado y no drenado

Descripción del suelo: arcilla limosa color café

Dimensión y tipo de la probeta: 2.5" x 5.0"

Ángulo de fricción Interna $\phi = 31.28^\circ$

Cohesión $C_u = 13.30 \text{ ton/m}^2$

Base (B) = 1.40 m

Largo (L) = 1.40 m

Peso específico (γ_s) = 1.51 ton/m³

Desplante (Df) = 2.00 m

Capacidad de carga neta última utilizando la ecuación de Terzaghi:

$$q_d = 1.3 \cdot C' \cdot N'_c + \gamma_s \cdot Z \cdot N'_q + 0.4 \cdot \gamma_s \cdot B \cdot N'_w; \quad \text{donde } C' = 2/3 \cdot c$$

Factores de capacidad de carga (ver anexo 2):

$$N'_c = 14$$

$$N'_q = 4.5$$

$$N'_w = 2.5$$

Sustituyendo en la formula:

$$q_d = 123.33 \text{ Ton/m}^2$$

Valor soporte del suelo:

$$V_s = q_d / F_s$$

$$V_s = 123.33 / 4$$

$$V_s = 30.83 \text{ Ton/m}^2$$

F_s: factor de seguridad, Terzaghi recomienda entre 3 y 6, se tomó como factor de seguridad 4 por ser un edificio comercial.

2.1.3. Diseño arquitectónico

Éste consiste en darle forma adecuada al edificio, tal que, pueda ser cómodo y funcional para su uso. Para lograr estos ambientes se deben tomar en cuenta los siguientes criterios; dimensiones del terreno, número de personas que utilizaran el edificio y financiamiento para la construcción.

2.1.3.1. Ubicación del edificio en el terreno

El edificio está ubicado en la parte interior del terreno, la parte exterior se destinará para parqueo. El edificio ocupará el 85 % del área disponible.

2.1.3.2. Distribución de ambientes

Para la distribución de ambientes se tomó en cuenta el uso del edificio, cada local comercial tendrá su servicio sanitario, el edificio tendrá su pasillo en las orillas del mismo y las gradas estarán ubicadas a un costado del edificio, el área de cada local es de 25 m².

2.1.3.3. Altura del edificio

El edificio tendrá una altura total de 6 metros, cada nivel tendrá 3 metros de piso a cielo.

2.1.3.4. Selección del sistema estructural a usar

El sistema estructural a utilizar es a base de marcos dúctiles con nudos rígidos, con losas planas de concreto reforzado y muros para dividir los ambientes de 15 cm de espesor, los cuales son independientes de los marcos dúctiles.

2.1.4. Análisis estructural

El análisis estructural busca las deformaciones verticales y horizontales de los elementos estructurales, para su comparación con los valores que definen estados límites de servicio. También consiste en la determinación de los efectos originados por las cargas aplicadas en la estructura, con el objeto de efectuar comprobaciones de seguridad en sus elementos resistentes.

2.1.4.1. Predimensionamiento estructural

El predimensionamiento sirve para tener un parámetro al momento de diseñar los elementos estructurales, cuando se está en la etapa de diseño y los elementos no satisfacen la resistencia demandada en el análisis estructural, es necesario rediseñar de nuevo todo y volver a hacer todo el proceso de análisis y diseño.

Se menciona también que el predimensionamiento de la viga se realiza con base en el siguiente criterio: por cada metro lineal libre de luz, se aumentan ocho centímetros de peralte, así como, también la base equivale a $\frac{1}{2}$ del peralte. La relación entre la base y el peralte debe estar entre 0.25 y 0.60.

-Longitud de la viga = 5m

- $h_{\text{viga}} = 8\% \cdot \text{Longitud de la viga} = 0.08 \cdot 5\text{m} = 0.40\text{m}$

El ACI 318 en el capítulo 9 tabla 9.5(a), da diferentes situaciones de predimensionamiento. Por ser nudos rígidos tomando un caso crítico, se toma cuando una viga tiene dos extremos continuos.

- $h_{\text{viga}} = L/21 = 5/21 = 0.24\text{m}$

Se calcula un " $h_{\text{prom.}}$ " con los dos datos de " h " calculados.

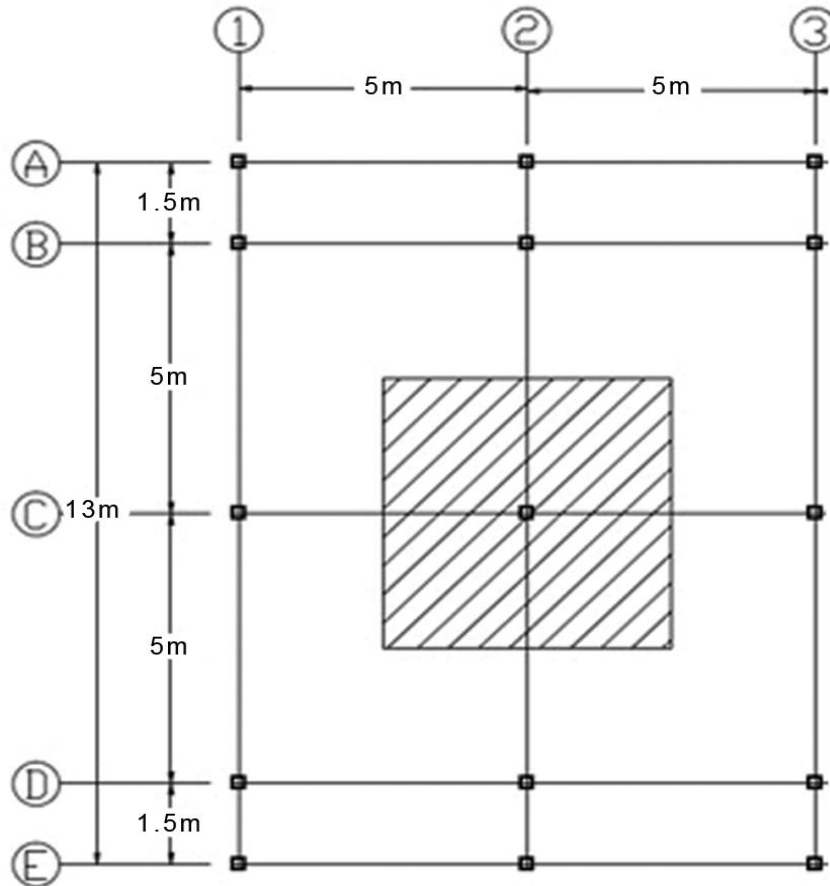
$$h_{\text{prom.}} = \frac{0.4 + 0.24}{2} = 0.32\text{m} \approx 0.35\text{m}$$

$$\text{Base} = \frac{h_{\text{prom.}}}{2} = \frac{0.35}{2} = 0.175\text{m} < \text{Base min.} = 0.25\text{m}$$

Para efectos de diseño se propone una sección de viga de 0.25m X 0.45m.

En cuanto al predimensionamiento de columna, se debe guardar simetría en las dimensiones de las columnas, se toma la columna crítica, es decir, la que soporta mayor carga. Las dimensiones obtenidas se aplican a todas las columnas.

Figura 1. Área tributaria columna crítica



Fuente: elaboración propia.

$$\text{Área tributaria} = 5\text{m} \times 5\text{m} = 25\text{m}^2$$

$$\text{Peso específico concreto} = \gamma_c = 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Carga puntual} = P = \gamma_c \cdot A_t = 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 25\text{m}^2 = 60\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Este valor se multiplica por dos, ya que son dos los niveles del edificio.

$$P = 60\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2 = 120\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Substituyendo valores en la ecuación de carga puntual se obtiene el área gruesa.

$$P = 0.8 * [0.85 * f'_c * (A_g - A_s) + f_y * A_s]; \quad \text{Donde: } A_s = \rho * A_g$$

$$\Rightarrow A_g = \left\{ \frac{P}{0.8 * [0.85 * f'_c * (1 - \rho) + f_y * \rho]} \right\}$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho = 1\%$$

$$A_g = \left\{ \frac{120\,000}{0.8 * [0.85 * 210 * (1 - 0.01) + 2810 * 0.01]} \right\} = 732.34 \text{ cm}^2$$

$A_g = 732.34 \text{ cm}^2$, para una sección cuadrada de 27cm X 27cm. Debido a que la ecuación de la carga axial no considera los efectos de esbeltez se propone una sección de 35cm X 35cm = 1 225cm².

También se predimensiona la losa de mayor área, el criterio aplicado es del perímetro de losa dividido 180, para losas en dos sentidos.

$m = a / b < 0.5$, losa trabaja en un sentido

$m = a / b > 0.5$, losa trabaja en dos sentidos

Donde: a = sentido corto de losa y b = sentido largo de losa

Calculando m para losa de mayor dimensión, con $a = 5.00\text{m}$ y $b = 5.00\text{m}$.
 $m = 5.00\text{m} / 5.00\text{m} = 1.0 > 0.5$; losa trabaja en dos sentidos.

Espesor de losa:

$t = \text{perímetro} / 180$; Donde $t = \text{espesor de losa}$

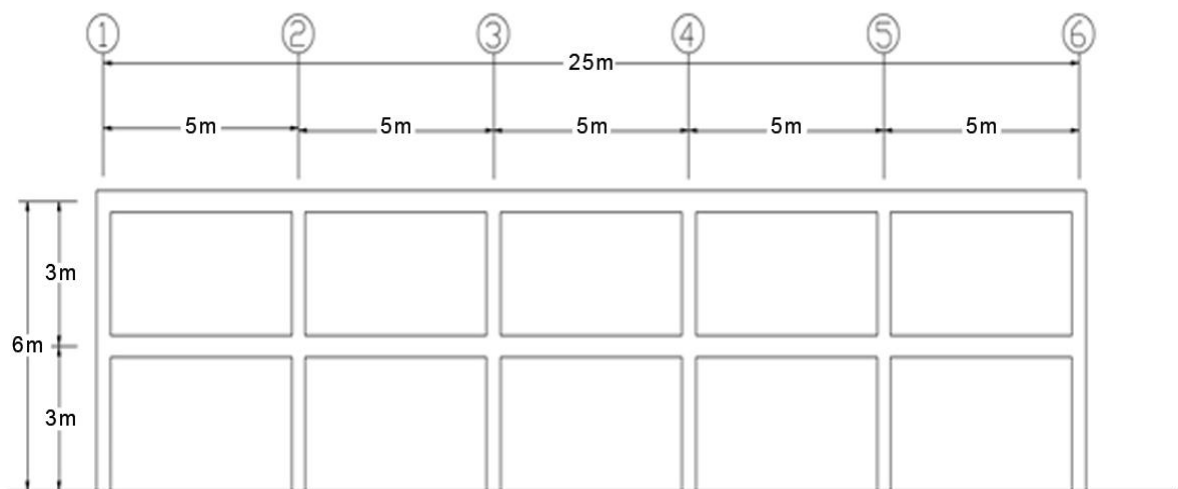
$$t = 2 \cdot (5+5) / 180 = 0.111\text{m}$$

Se propone una losa de 12 cm de espesor.

2.1.4.2. Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos

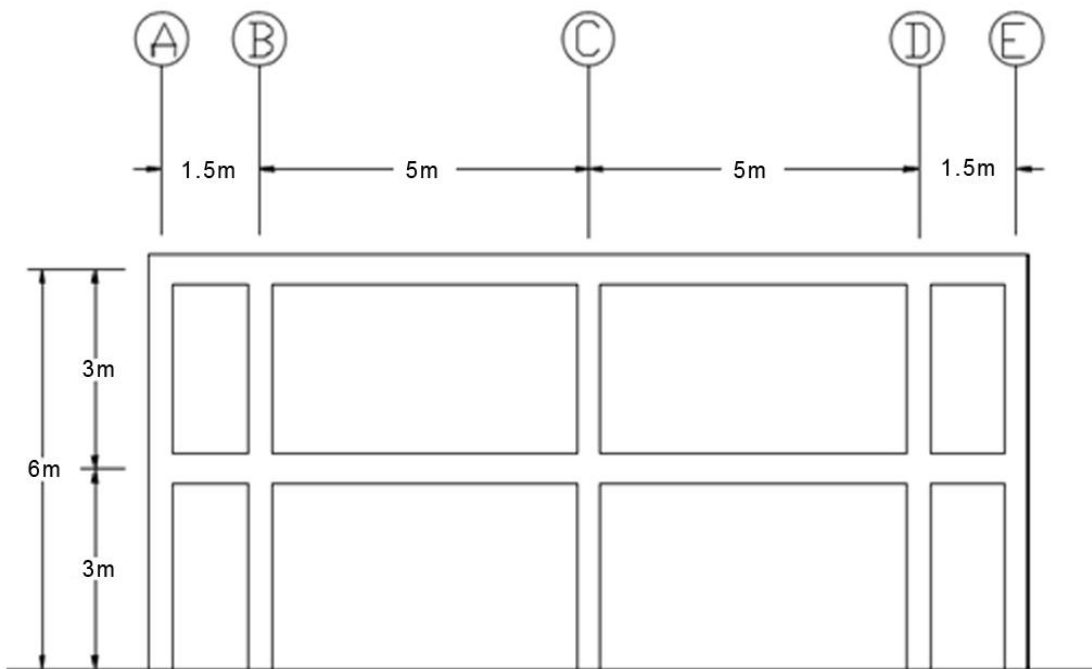
El modelo matemático representa la forma del marco dúctil y la carga que soporta. Los marcos sirven para realizar el análisis estructural y por la simetría estructural del edificio, se analizan y diseñan únicamente los marcos críticos.

Figura 2. Marco dúctil, sección longitudinal



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. **Marco dúctil, sección transversal**



Fuente: elaboración propia.

2.1.4.3. Cargas aplicadas a los marcos dúctiles

Las cargas sometidas en las estructuras se dan en diferentes direcciones, las cuales pueden ser: verticales y horizontales.

2.1.4.3.1. Cargas verticales en marcos dúctiles

Las cargas verticales se dividen en dos grupos: cargas vivas y cargas muertas.

- Cargas vivas: son las cargas aplicadas no permanentes en la estructura. Son todas las cargas predestinadas a un servicio de utilidad, el cual puede ser de ocupación o mantenimiento. Estas pueden estar parcialmente en su sitio y pueden cambiar de ubicación.

Tabla I. **Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas**

Tipo de ocupación o uso	(kg/m ²)
Vivienda	200
Oficina	250
Hospitales – encamamiento y habitaciones	200
Hospitales – servicios médicos y laboratorios	350
Hoteles – alas de habitaciones	200
Hoteles – servicios y áreas publicas	500
Escaleras privadas	300
Escaleras públicas o de escape	500
Balcones, cornisas y marquesinas	300
Áreas de salida y/o escape	500
Vestíbulos públicos	500
Plazas y áreas públicas a nivel de calle	500
Salones de reunión con asientos fijos	300
Salones de reunión sin asientos fijos	500
Escenarios y circulaciones	500
Instalaciones deportivas públicas;	
Zonas de circulación	500
Zonas de asientos	400
Canchas deportivas	depende del tipo de cancha
Aulas y escuelas	200
Bibliotecas:	
Áreas de lectura	200
Depósito de libros	600

Continuación de la tabla I.

Almacenes:	
Minoristas	350
Mayoristas	500
Estacionamientos y garajes:	
Automóviles	250
Vehículos pesados	Según vehículo
Rampas de uso colectivo	750
Corredores de circulación	500
Servicio y reparación	500
Bodegas:	
Cargas livianas	600
Cargas pesadas	1 200
Fábricas:	
Cargas livianas	400
Cargas pesadas	600
Azoteas de concreto con acceso	200
Azoteas sin acceso horizontales o inclinadas	100
Azoteas inclinadas más de 20°	75
Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas, etc. (aplica a la estructura que soporta la cubierta final)	50

Fuente: Normas AGIES NR – 2:200, p. 28.

La tabla I muestra los valores de carga viva para diferentes clasificaciones de ocupación, según la norma AGIES y otros códigos. Estas cargas se deben a seres humanos, equipo y al almacenamiento en general.

Las cargas vivas utilizadas para el diseño del edificio son:

Almacenes minoristas = 350kg/m^2

Pasillos = 500 kg/m^2

Techos = 100 kg/m^2

- Cargas muertas: estas son las cargas aplicadas debido al peso de los elementos estructurales, estas son cargas permanentes, durante la vida de la estructura. En una edificación, las cargas muertas las componen los pesos de las losas, vigas, columnas, muros, techos, ventanas, puertas, instalaciones (drenajes, hidráulicas, eléctricas, otras.), acabados y otros.

Estas cargas se determinan con bastante exactitud, dependiendo de los materiales que se utilicen, los pesos se determinan a partir de las densidades y tamaños.

Las cargas muertas aplicadas son:

Peso del concreto = 2400 kg/m^3

Peso de muros = 210 kg/m^2

Peso de acabados = 80 kg/m^2

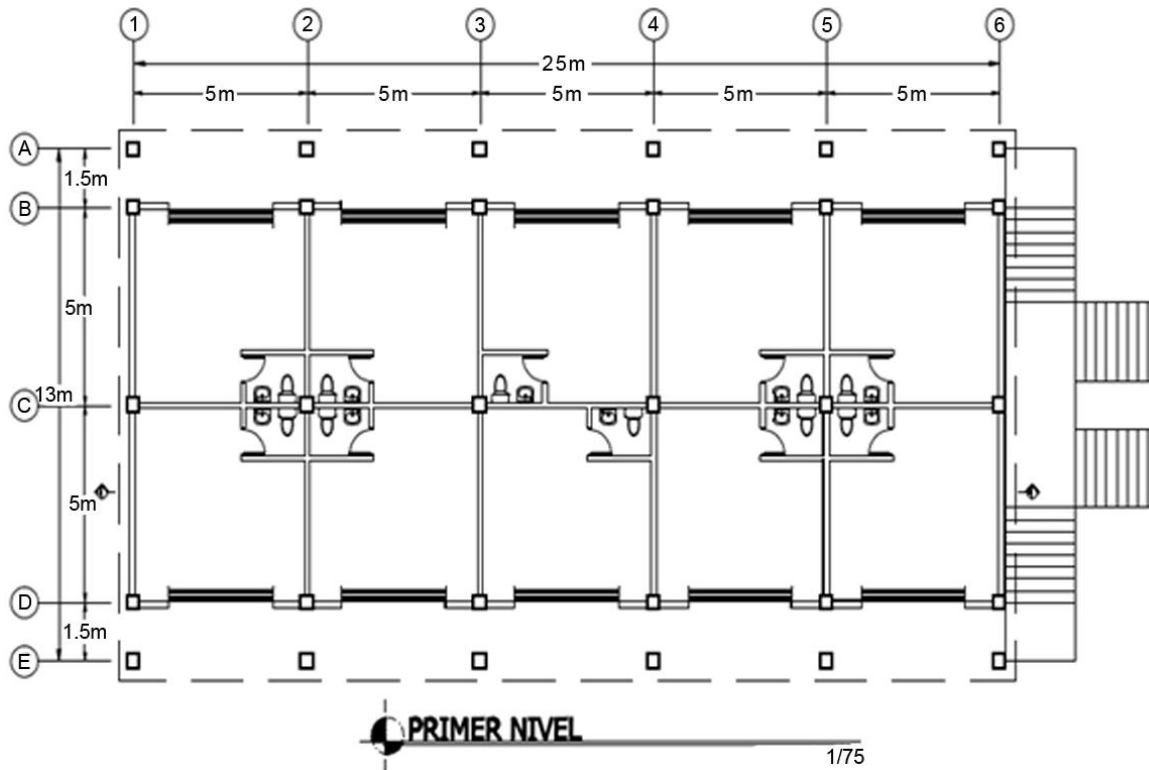
Peso de piso y mezclón = 144kg/m^2

Peso de viga = $0.25\text{m} \times 0.45\text{m} \times 2\ 400\text{kg/m}^3 = 270\text{kg/m}$

Peso de losa = $0.12\text{m} \times 2\ 400\text{kg/m}^3 = 288\text{kg/m}^2$

Integración de cargas verticales:

Figura 4. **Planta primer nivel**



Fuente: elaboración propia.

Integración de cargas para el marco C (marco crítico):

Nivel 2 (aquí no se calcula el peso de muros)

Carga muerta:

$$CM = \frac{(\text{losa} + \text{acabados}) * (\text{Área tributaria})}{\text{longitud de viga}} + \text{viga}$$

$$CM = \frac{\left(288 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) * (12.5\text{m}^2)}{5\text{m}} + 270 \text{ kg/m} = 1\,190 \text{ kg/m}$$

Carga viva:

$$CV = \frac{(\text{Techo}) * (\text{Área tributaria})}{\text{longitud de viga}}$$

$$CV = \frac{\left(100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) * (12.5\text{m}^2)}{5\text{m}} = 250 \text{ kg/m}$$

Nivel 1

Carga muerta:

$$CM = \frac{(\text{losa} + \text{acabados} + \text{muros} + \text{piso}) * (\text{área tributaria})}{\text{longitud de viga}} + \text{viga}$$

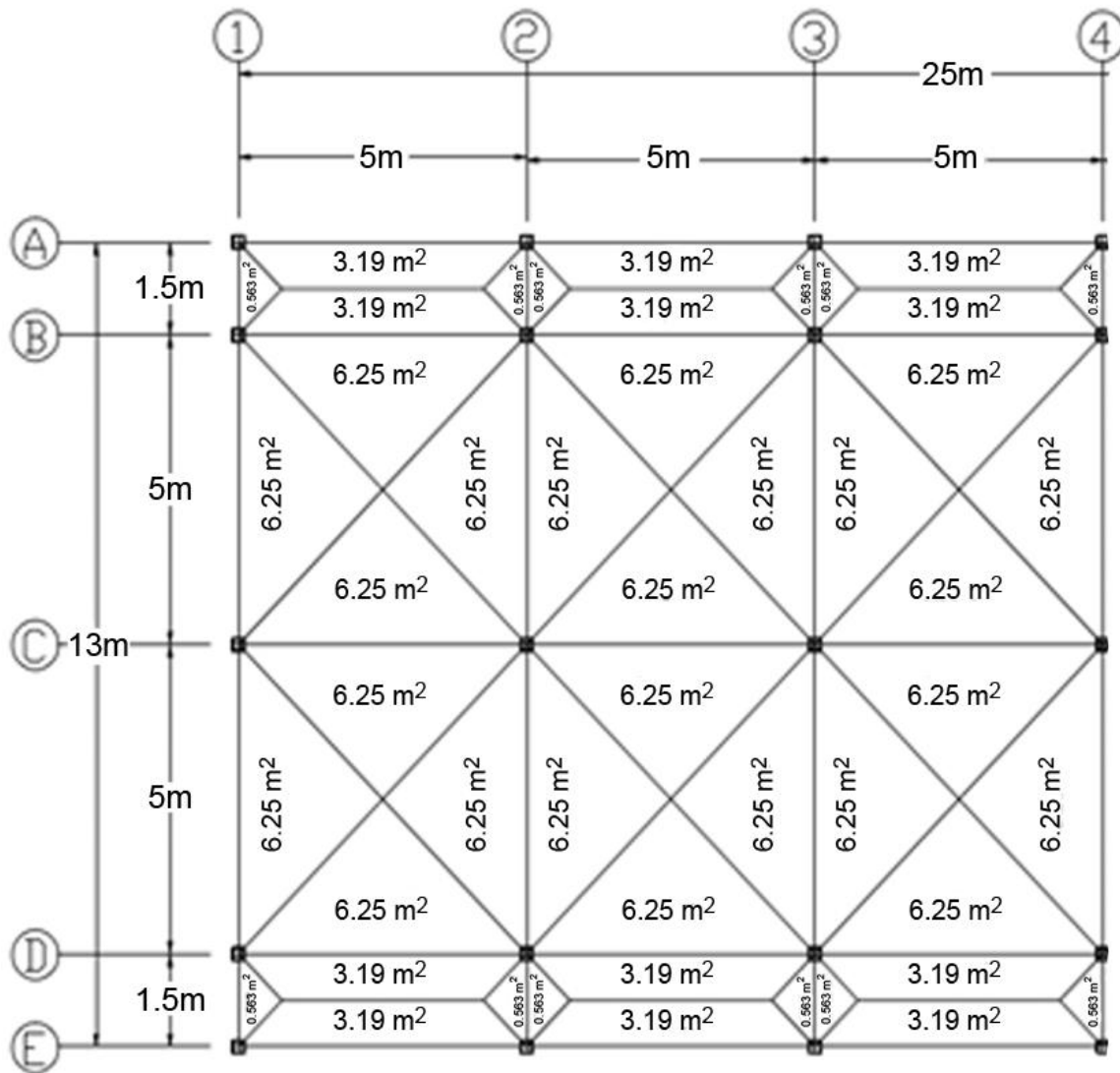
$$CM = \frac{\left(288 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 210 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 144 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) * (12.5\text{m}^2)}{5\text{m}} + 270 \text{ kg/m} = 2\,075 \text{ kg/m}$$

Carga viva:

$$CV = \frac{(\text{entrepiso}) * (\text{área tributaria})}{\text{longitud de viga}}$$

$$CV = \frac{(350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}) * (12.5 \text{m}^2)}{5 \text{m}} = 875 \text{ kg/m}$$

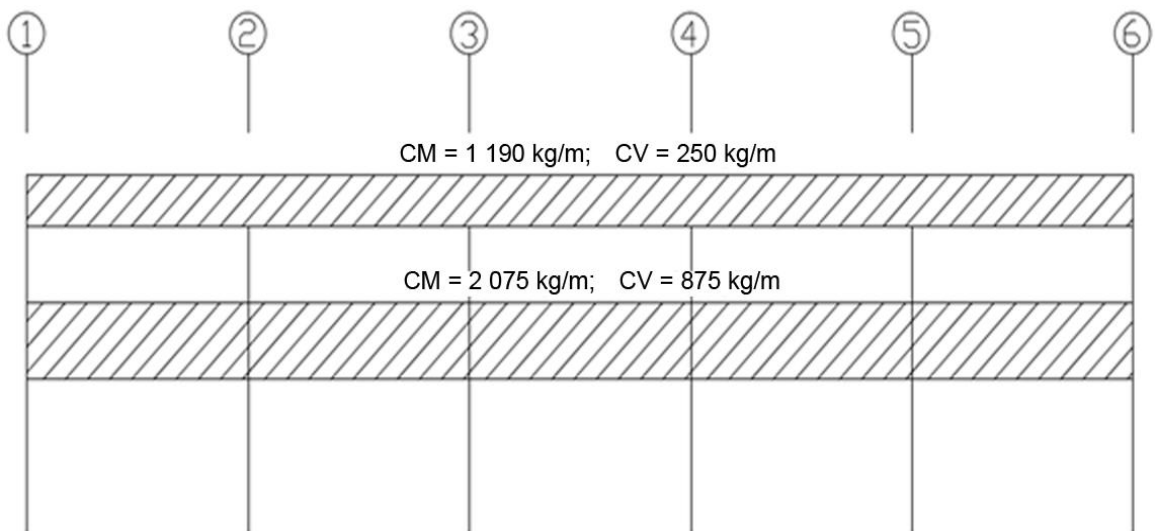
Figura 5. **Planta de áreas tributarias**



Fuente: elaboración propia.

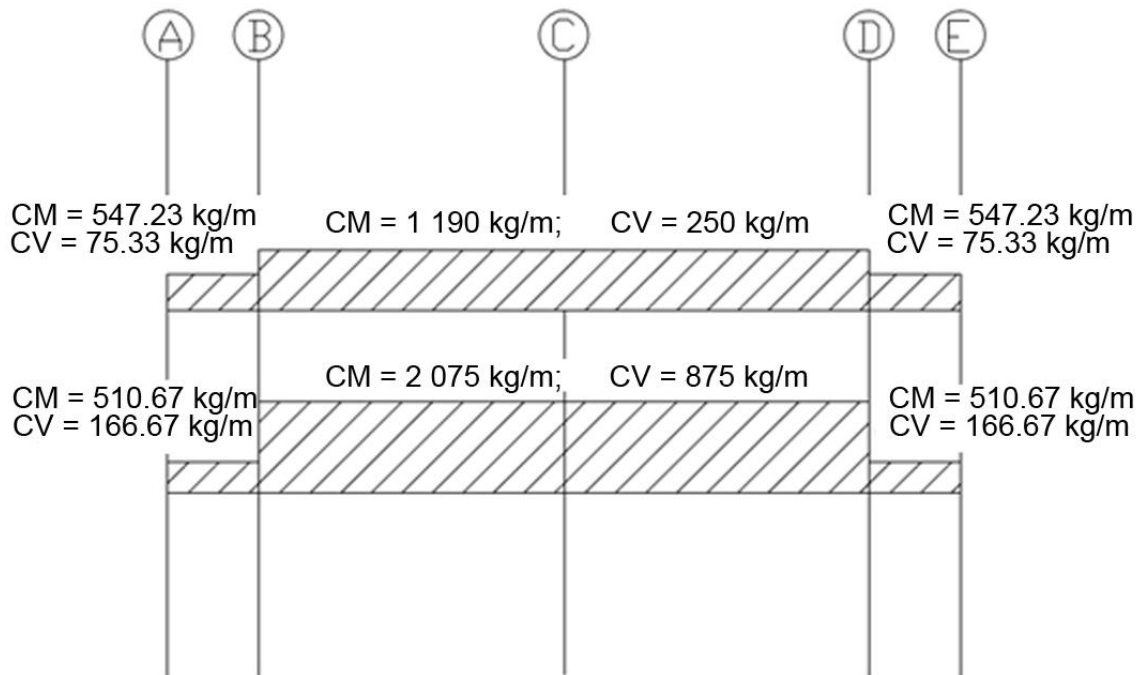
Este procedimiento se aplicó a todos los marcos de la estructura, para integrar las cargas. Las figuras 6 y 7 muestran los modelos de carga muerta y viva en marcos críticos. Todos los marcos y vigas poseen las mismas características.

Figura 6. **Carga muerta y carga viva, marco C**



Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Carga muerta y carga viva, marco 2**



Fuente: elaboración propia.

2.1.4.3.2. **Cargas horizontales en marcos dúctiles**

Estas son cargas producidas por el viento, impacto o por sismo, las cuales son dinámicas. Para efectos de análisis se consideró la fuerza producida por el sismo. Por simplificación, se aplican las fuerzas sísmicas como cargas laterales estáticas.

- Fuerzas sísmicas: desde el punto de vista de las estructuras los sismos consisten en movimientos aleatorios horizontales y verticales en la superficie de la tierra.

A medida que el terreno se mueve, la inercia tiende a mantener a la estructura en su sitio original, lo cual conlleva a la imposición de desplazamientos y fuerzas que pueden tener resultados catastróficos, por lo tanto, la respuesta sísmica depende fuertemente de las propiedades geométricas de la estructura, especialmente de su altura. En este caso se utilizó el método SEAOC, para establecer el corte basal.

- Corte basal (V): es la fuerza sísmica que el suelo transmite al edificio en la base. Está dado por la siguiente fórmula:

$$V = Z * I * K * C * S * W$$

Z = Coeficiente de riesgo sísmico, depende de la zona. (Ver anexo 3).

I = Coeficiente de importancia de la estructura, después que actúa el sismo.

K = Coeficiente que depende del tipo de la estructura.

C = Coeficiente que depende del periodo natural de vibración:

$$C = \frac{1}{15 * \sqrt{T}} \leq 0.12; \quad T = \frac{0.0906 * H}{\sqrt{B}}$$

H = Altura del edificio

B = Base del edificio

S = Depende del tipo de suelo a cimentar, comprende entre $1 \leq S \leq 1.5$, teniendo la limitación $C * S \leq 0.14$

W = Peso propio de la estructura más el 25% CV.

- Calculo del corte basal:

Peso del segundo nivel:

Carga muerta:

$$W_{\text{losa+muros}} = \left(288 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 210 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * (13\text{m} * 25\text{m}) = 161\,850 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viga}} = \left(270 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) * (25\text{m} * 5_{\text{vigas}} + 13\text{m} * 6_{\text{vigas}}) = 54\,810 \text{ kg}$$

$$W_{\text{columnas}} = (0.35\text{m} * 0.35\text{m}) * \left(2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * (1.5\text{m} * 30_{\text{columnas}}) = 13\,230 \text{ kg}$$

$$W_{\text{acabados}} = \left(80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * (13\text{m} * 25\text{m}) = 26\,000 \text{ kg}$$

$$\text{Total } W_{\text{CM}} = 255\,890 \text{ kg}$$

Carga viva:

$$W_{\text{CV}} = \left(100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * (13\text{m} * 25\text{m}) = 32\,500 \text{ kg}$$

Peso total del nivel 2:

$$W_{\text{nivel 2}} = W_{\text{CM}} + 0.25 * W_{\text{CV}}$$

$$W_{\text{nivel 2}} = 255\,890 \text{ kg} + 0.25 * (32\,500\text{kg}) = 264\,015 \text{ kg}$$

Peso del primer nivel:

Carga muerta:

$$W_{\text{losa+muros+piso+acabados}} = \left(288 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 144 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 210 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * (25\text{m} * 13\text{m})$$

$$W_{\text{losa+muros+piso+acabados}} = 234\,650 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viga}} = \left(270 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) * (25\text{m} * 5 + 13\text{m} * 6) = 54\,810 \text{ kg}$$

$$W_{\text{columna}} = (0.35\text{m} * 0.35\text{m}) * \left(2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * (4.5\text{m} * 30) = 39\,690 \text{ kg}$$

$$W_{\text{acabados}} = \left(80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * (25\text{m} * 13\text{m}) = 26\,000 \text{ kg}$$

$$\text{Total } W_{\text{CM}} = 355\,150 \text{ kg}$$

Carga viva:

$$W_{\text{CV pasillo}} = \left(500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * (25\text{m} * 3\text{m}) = 37\,500 \text{ kg}$$

$$W_{\text{CV almacenes}} = \left(350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * (10\text{m} * 25\text{m}) = 87\,500 \text{ kg}$$

$$\text{Total } W_{\text{CV}} = 125\,000 \text{ kg}$$

Peso total del nivel 1:

$$W_{\text{nivel 1}} = W_{\text{CM}} + 0.25 * W_{\text{CV}}$$

$$W_{\text{nivel 1}} = 355\,150\text{kg} + 0.25 * (125\,000\text{kg}) = 386\,400 \text{ kg}$$

Peso total de la estructura:

$$W_{\text{total}} = W_{\text{nivel 1}} + W_{\text{nivel 2}}$$

$$W_{\text{total}} = 386\,400\text{kg} + 264\,015\text{kg} = 650\,415\text{ kg}$$

Cálculo del periodo de vibración:

$$T_x = \frac{0.906 \cdot 6}{\sqrt{25}} = 0.11;$$

$$T_y = \frac{0.906 \cdot 6}{\sqrt{13}} = 0.15$$

$$C_x = \frac{1}{15 \cdot \sqrt{0.11}} = 0.20 \not\leq 0.12;$$

$$C_y = \frac{1}{15 \cdot \sqrt{0.15}} = 0.17 \not\leq 0.12$$

$$\Rightarrow C_x = C_y = 0.12$$

$$C_x \cdot S = C_y \cdot S = 0.12 \cdot 1.5 = 0.18 \not\leq 0.14$$

$$\Rightarrow C_x \cdot S = C_y \cdot S = 0.14$$

Debido a que los valores no varían respecto al sentido X y Y, el corte basal es el mismo para los dos sentidos.

Calculando el corte basal:

Datos;

Z = 1, por ser una zona sísmica

I = 1.35, para edificios comerciales

K = 0.67, para marcos dúctiles

CS = 0.14

W = 650 415 kg

$$V_x = V_y = Z * I * K * C * S * W$$

$$V_x = V_y = 1 * 1.35 * 0.67 * 0.14 * 650\,415 = 82\,362.05 \text{ kg}$$

Fuerzas por nivel:

La fuerza lateral V , es distribuida en toda la altura de la estructura, de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$F_i = \frac{(V - F_t) * W_i * H_i}{\sum (W_i * H_i)}$$

V = Corte basal

W_i = Peso de cada nivel

H_i = Altura de cada nivel

F_t = Fuerza en el cúspide

F_i = Fuerza por nivel

La fuerza concentrada en la cúspide se calcula de la siguiente manera, debiendo cumplir con las siguientes condiciones:

Si $T < 0.25$ segundos; $F_t = 0$

Si $T > 0.25$ segundos; $F_t = 0.07 * T * V$

Donde: T = Periodo fundamental de la estructura

En este cálculo la fuerza en la cúspide $F_t = 0$ en los dos sentidos, ya que T_x y T_y son menores a 0.25 segundos.

Como $V_x = V_y$ entonces $F_{ix} = F_{iy}$, por lo que solo analiza en un sentido.

Tabla II. Integración de peso de cada nivel con su altura

Nivel	W_i	H_i	$W_i * H_i$
1	386 400 kg	3m	1 159 200 kg-m
2	264 015 kg	6m	1 584 090 kg-m
			Σ 2 743 290 kg-m

Fuente: elaboración propia.

Fuerza en el primer nivel:

$$F_{N1Y} = F_{N1X} = \frac{(82\,362.05\text{kg}) * (1\,159\,200\text{kg-m})}{2\,743\,290\text{kg-m}} = 34\,802.77\text{ kg}$$

Fuerza en el segundo nivel:

$$F_{N2Y} = F_{N2X} = \frac{(82\,362.05\text{kg}) * (1\,584\,090\text{kg-m})}{2\,743\,290\text{kg-m}} = 47\,559.28\text{ kg}$$

$$\text{Comprobando } V = F_1 + F_2 = 34\,802.77\text{ kg} + 47\,559.28\text{ kg} = 82\,362.05\text{ kg}$$

Las fuerzas por marco en las estructuras simétricas, se calculará dividiendo la fuerza por piso entre el número de marcos paralelos a esta fuerza. Si los marcos espaciados son asimétricos se tendrá que dividir la fuerza de piso F_i proporcional a la rigidez de los marcos.

Según el tipo de estructura que se esté analizando, así será el tipo de apoyo y por lo tanto la ecuación de la rigidez a usar.

Las fuerzas por marco en sentido y-y': se da cuando el edificio es simétrico en y, por lo que la fuerza por marco será igual al producto de la división de la fuerza de piso entre el número de marcos en el sentido y.

Segundo nivel (debe incluir F_t):

$$F_m = \frac{F_2 + F_t}{\# \text{ de marcos}} = \frac{47\,559.28\text{kg} + 0}{6} = 7\,926.55 \text{ kg}$$

Primer nivel;

$$F_m = \frac{F_1}{\# \text{ de marcos}} = \frac{34\,802.77\text{kg}}{6} = 5\,800.46 \text{ kg}$$

Las fuerzas por marco en sentido x-x': como también es simétrico en x, entonces la fuerza por marco será igual al producto de la división de la fuerza de piso entre el número de marcos en el sentido x.

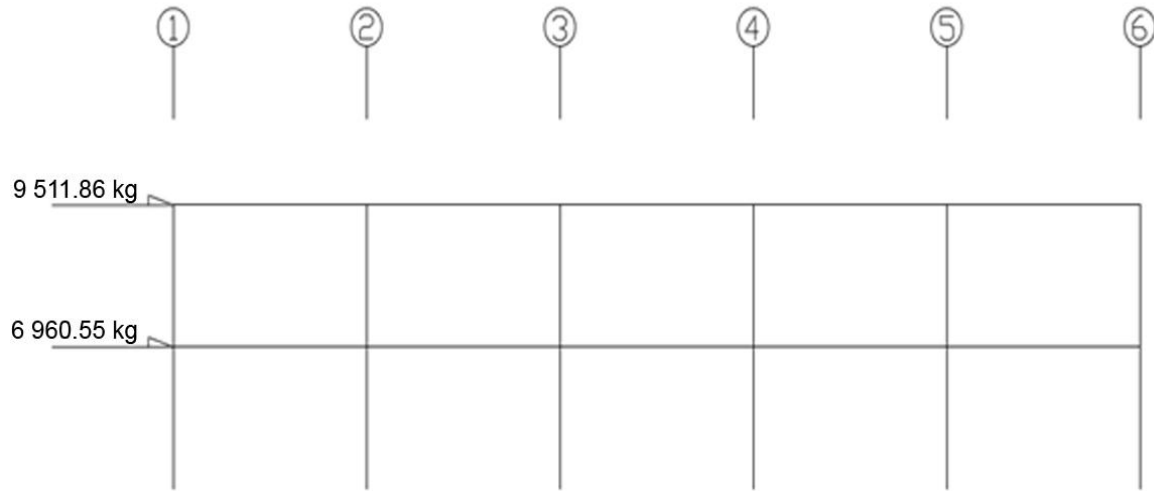
Segundo nivel (debe incluir F_t):

$$F_m = \frac{F_2 + F_t}{\# \text{ de marcos}} = \frac{47\,559.28\text{kg} + 0}{5} = 9\,511.86 \text{ kg}$$

Primer nivel:

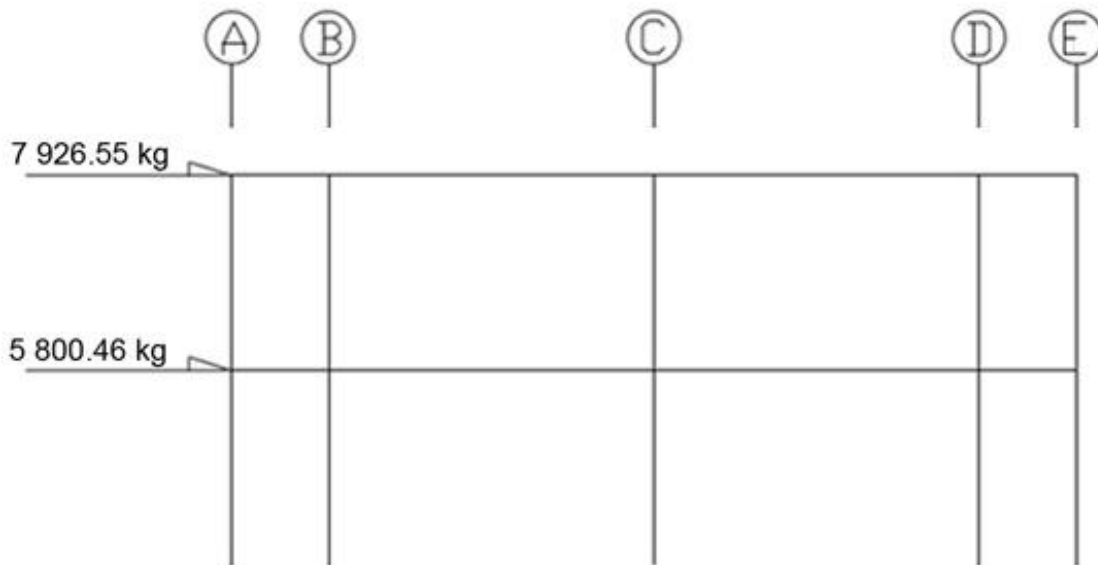
$$F_m = \frac{F_1}{\# \text{ de marcos}} = \frac{34\,802.77\text{kg}}{5} = 6\,960.55 \text{ kg}$$

Figura 8. **Fuerzas por marco en x**



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Fuerzas por marco en y**



Fuente: elaboración propia.

2.1.4.3.3. Análisis de marcos dúctiles utilizando *software* y comprobación por medio de un método numérico

Para el desarrollo del análisis estructural, se utilizó el *software* ETABS, por medio del cual, se determinaron los momentos en cada elemento de la estructura; luego se comprobó por el método numérico de Kani, el cual obtuvo variaciones mínimas comparado con los valores del *software*; para el diseño se tomaron los resultados del método numérico de Kani, esto por ser un método más conservador.

El siguiente resumen se aplica únicamente para miembros de sección constante.

Cálculo de momentos fijos (M_{Fik}), estos se calculan cuando existen cargas verticales.

Cálculo de momentos de sujeción (M_s), estos se calculan cuando hay cargas verticales.

$$M_s = \sum M_{Fik}$$

Determinación de fuerzas de sujeción (H), éstas se calculan cuando se hace el análisis de las fuerzas horizontales al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$H = F M_{\text{nivel } h}$$

Cálculo de la fuerza cortante en el piso (Q_n), se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$Q_n = \sum H$$

Cálculo de momentos de piso (M_n), estos se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$M_n = \frac{Q_n * h_n}{3}$$

Cálculo de rigidez de los elementos (K_{ik})

$$K_{ik} = \frac{I}{L_{ik}} \quad \begin{array}{l} I \text{ inercia del elemento} \\ L_{ik} \text{ longitud del elemento} \end{array}$$

Cálculo de factor de giro o coeficiente de reparto (μ_{ik})

$$\mu_{ik} = \frac{1}{2} * \frac{K_{ik}}{\sum K_{in}}$$

Cálculo de factores de corrimiento (V_{ik}), estos se calculan cuando hay ladeo causado por asimetría en la estructura o cuando se hace el análisis con la fuerza horizontal aplicada al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$V = -\frac{3}{2} * \frac{K_{ik}}{\sum K_{in}}$$

Cálculo de iteraciones, influencias de giro (M'_{ik})

$$M'_{ik} = \mu_{ik} (M_s + \sum M'_{in}) \quad \text{Sin ladeo}$$

$$M'_{ik} = \mu_{ik} (M_s + \sum (M'_{in} + M'_{in})) \quad \text{Con ladeo}$$

Cálculo de iteraciones, influencias de desplazamiento (M''_{ik})

$$M''_{ik} = V_{ik} (\sum (M'_{ik} + M'_{ki})) \quad \text{Ladeo por asimetría}$$

$$M''_{ik} = V_{ik} (M_n + \sum (M'_{ik} + M'_{ki})) \quad \text{Ladeo por fuerzas horizontales}$$

Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra (M_{ik})

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} \quad \text{Sin ladeo}$$

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik} \quad \text{Con ladeo}$$

Cálculo de los momentos positivos en vigas ($M_{ik(+)}$)

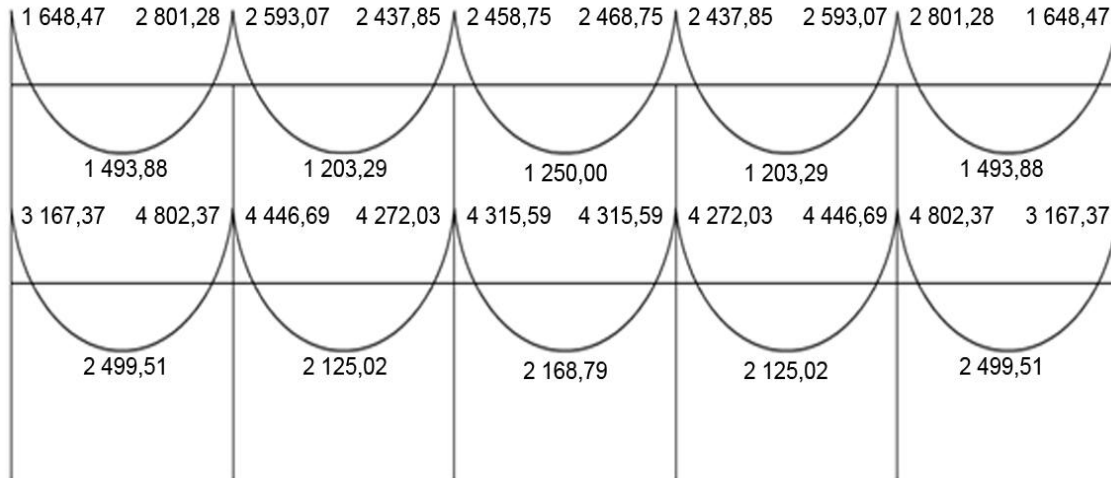
$$M_{ik(+)} = \frac{WL^2}{8} - \frac{M_{i(-)} + M_{k(-)}}{2}$$

$M_{i(-)}$ = Momento negativo de la viga en el extremo del lado izquierdo

$M_{k(-)}$ Momento negativo de la viga en el extremo del lado derecho.

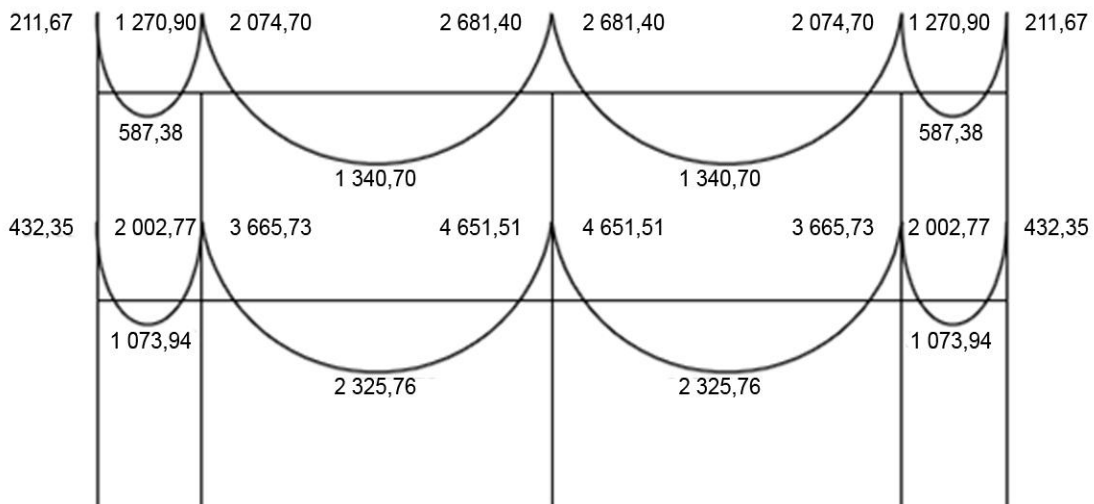
A continuación los diagramas de los resultados del análisis estructural:

Figura 10. **Momentos por carga muerta en vigas sentido X (kg-m)**



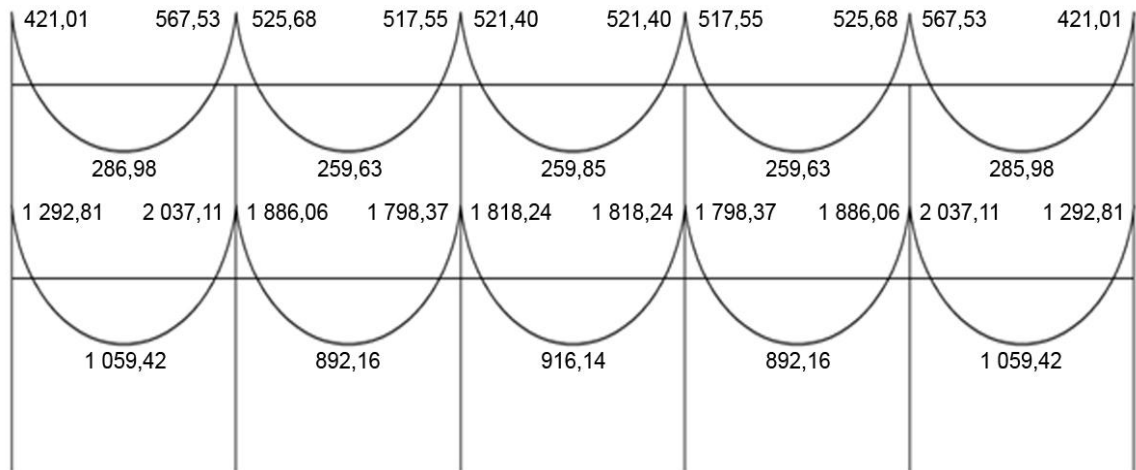
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Momentos por carga muerta en vigas sentido Y (kg-m)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Momentos por carga viva en vigas sentido X (kg-m)**



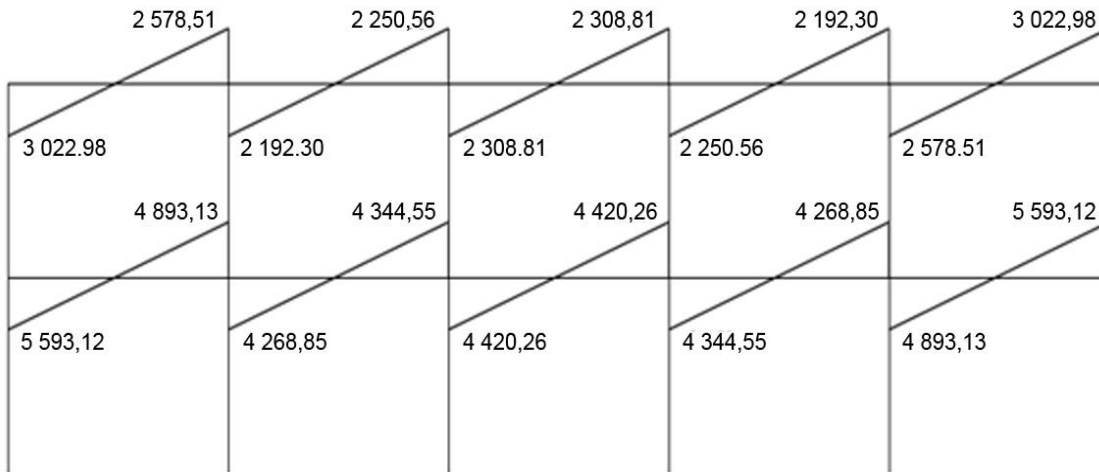
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Momentos por carga viva en vigas sentido Y (kg-m)**



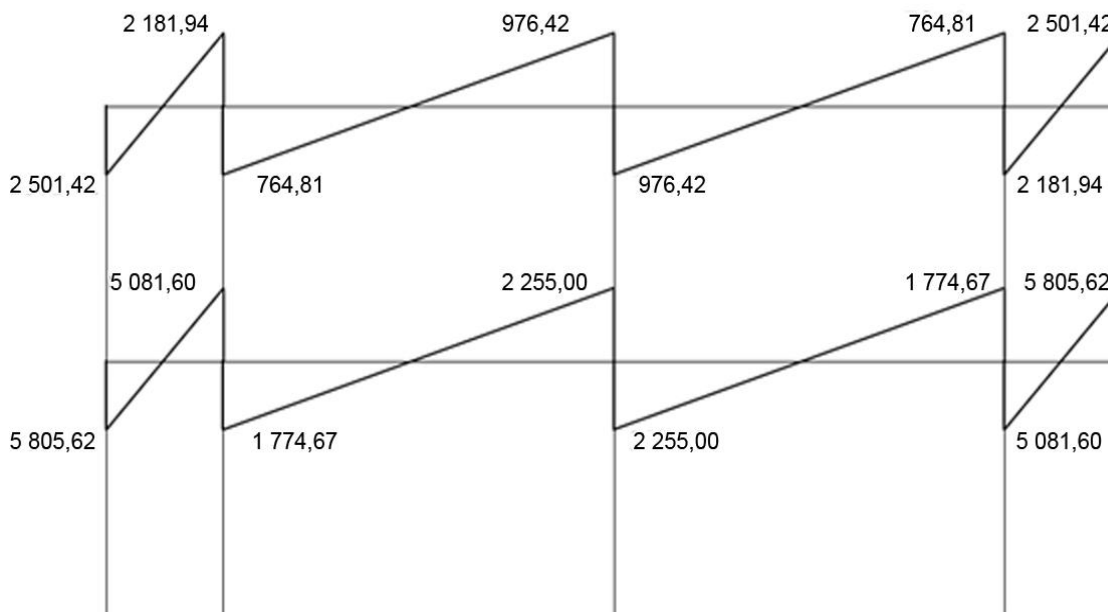
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Momentos por carga de sismo en vigas sentido X (kg-m)**



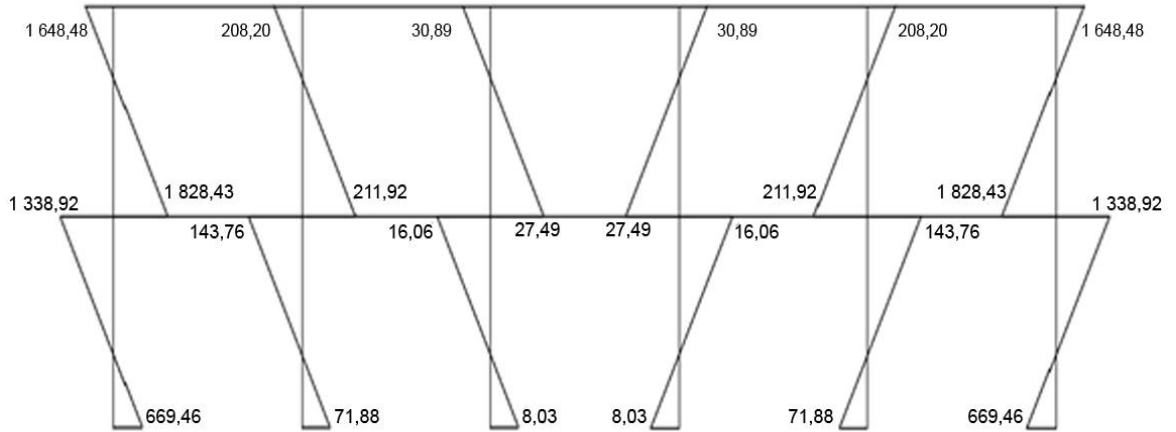
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Momentos por carga de sismo en vigas sentido Y (kg-m)**



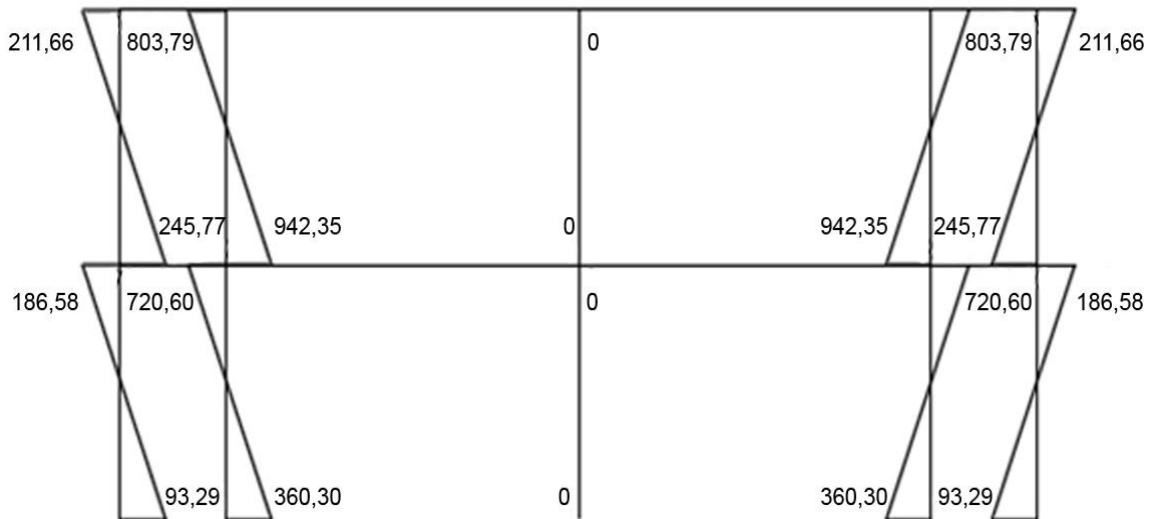
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Momentos por carga muerta en columnas sentido X (kg-m)**



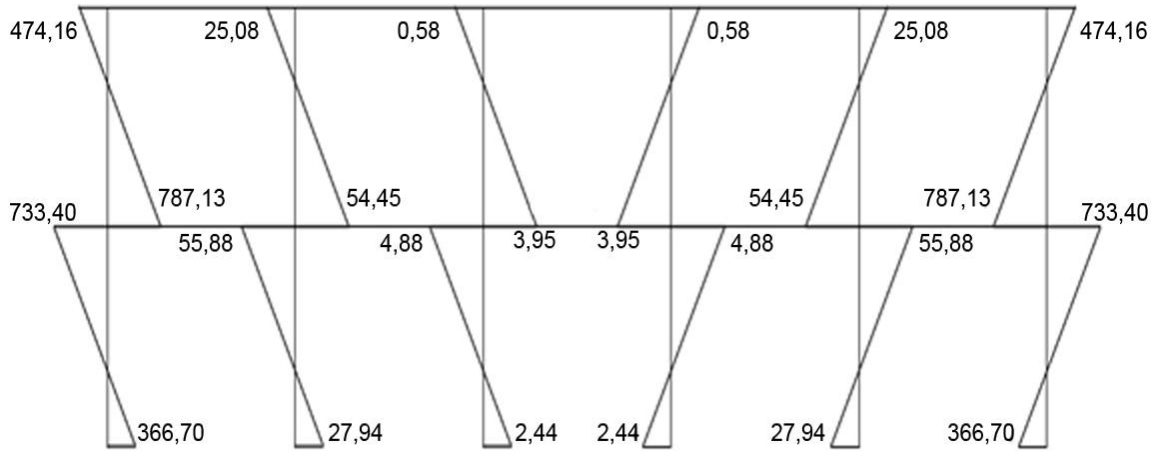
Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Momentos por carga muerta en columnas sentido Y (kg-m)**



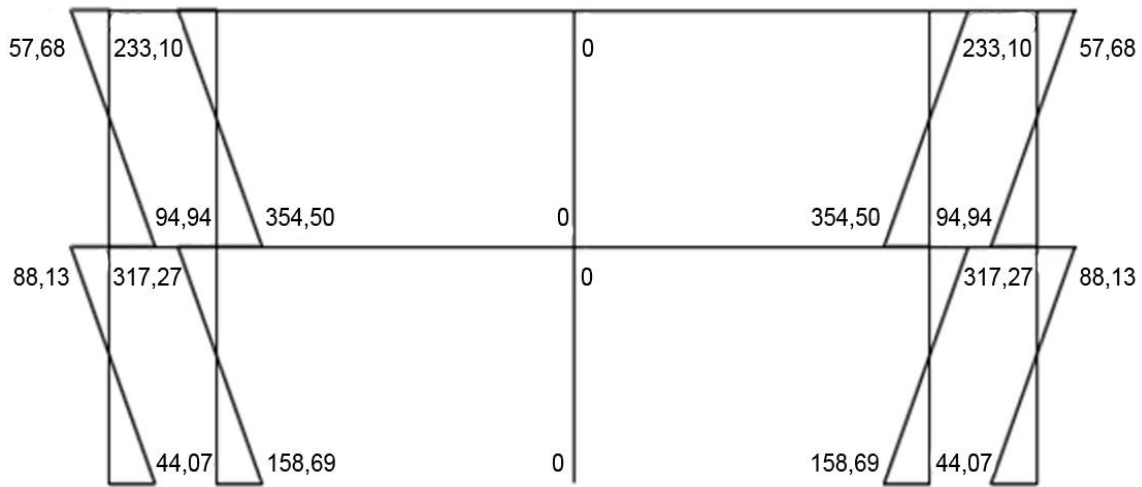
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Momentos por carga viva en columnas sentido X (kg-m)**



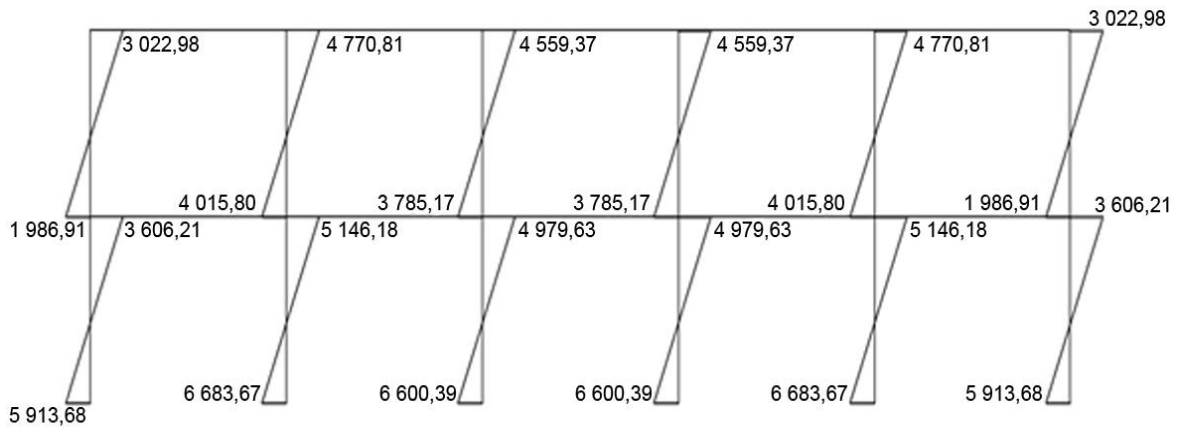
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Momentos por carga viva en columnas sentido Y (kg-m)**



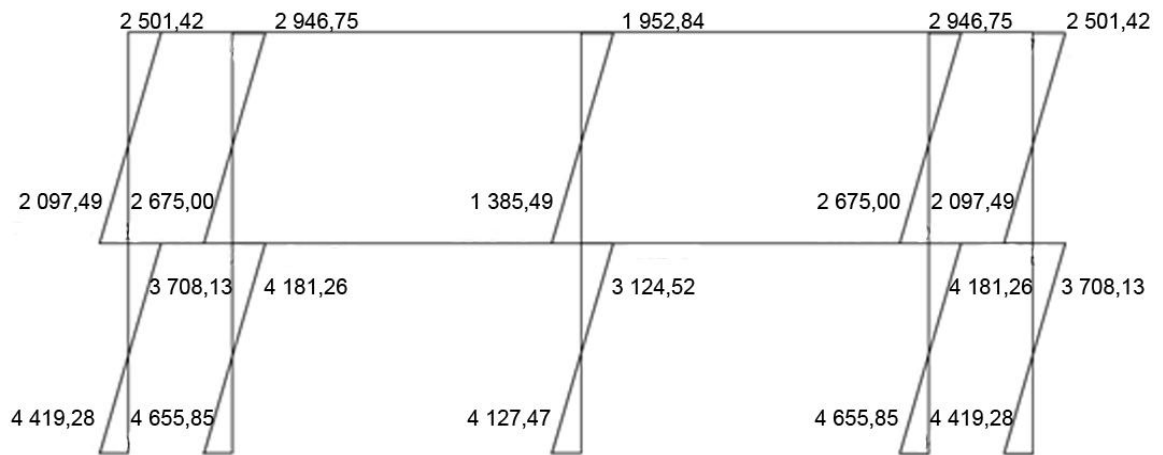
Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Momentos por carga de sismo en columnas sentido X (kg-m)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Momentos por carga de sismo en columnas sentido Y (kg-m)**



Fuente: elaboración propia.

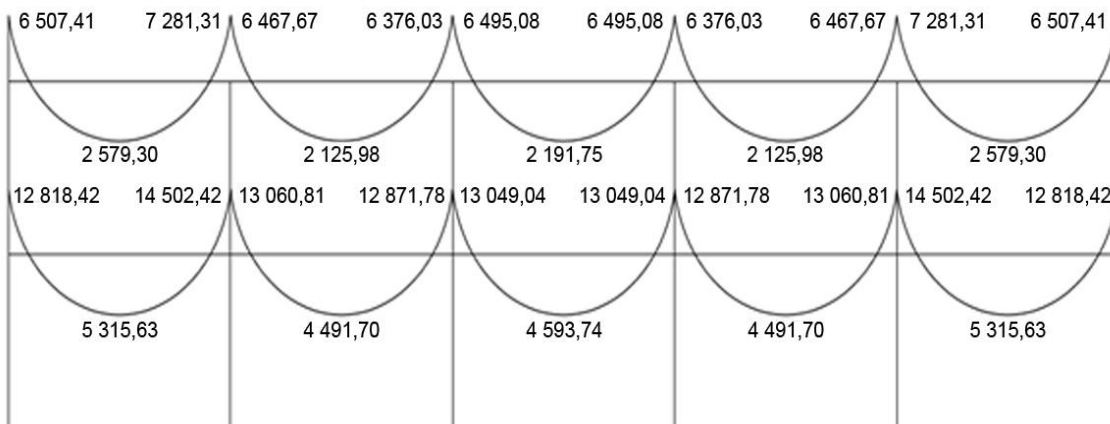
2.1.4.3.4. Momento último por envolvente de momentos

La envolvente de momentos; es la representación de los esfuerzos máximos que ocurren al superponer los efectos de las cargas muerta, viva, y sismo, las combinaciones que se usan son del código ACI para concreto reforzado. La fuerza de corte y momentos flectores, se toman a rostro para el diseño estructural. Para diseño se toman los valores máximos.

1. $M = 1.4MCM + 1.7MCV$
2. $M = 0.75 (1.4 MCM + 1.7 MCV + 1.87 MS)$
3. $M = 0.75 (1.4 MCM + 1.7 MCV - 1.87 MS)$
4. $M = 0.9MCM + 1.43MS$
5. $M = 0.9MCM - 1.43MS$

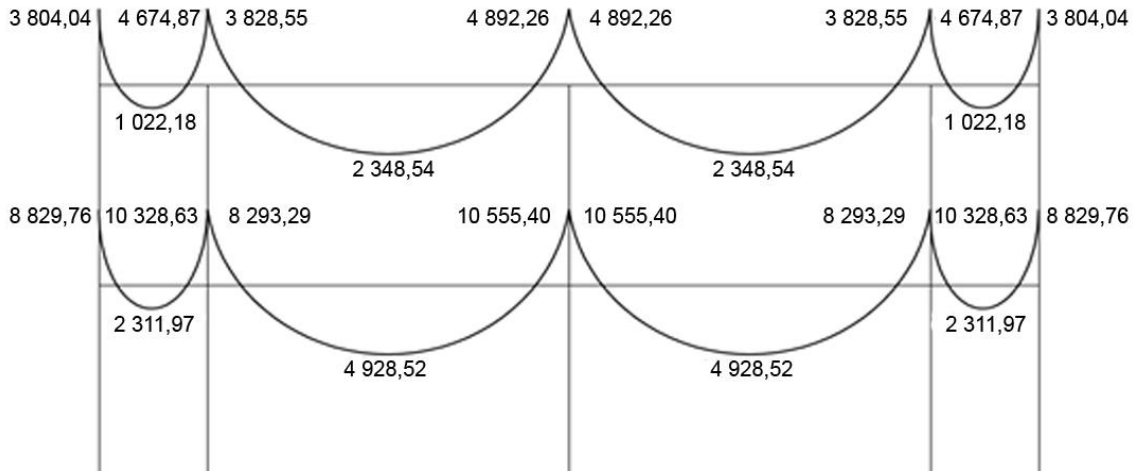
A continuación se muestran los diagramas obtenidos de la envolvente para cada marco:

Figura 22. **Envolvente de momentos en vigas sentido X (kg-m)**



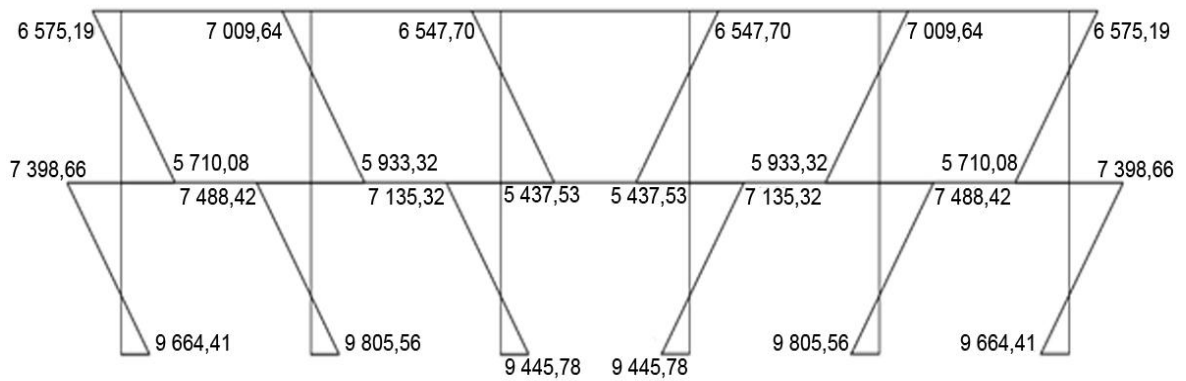
Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Envolvente de momentos en vigas sentido Y (kg-m)**



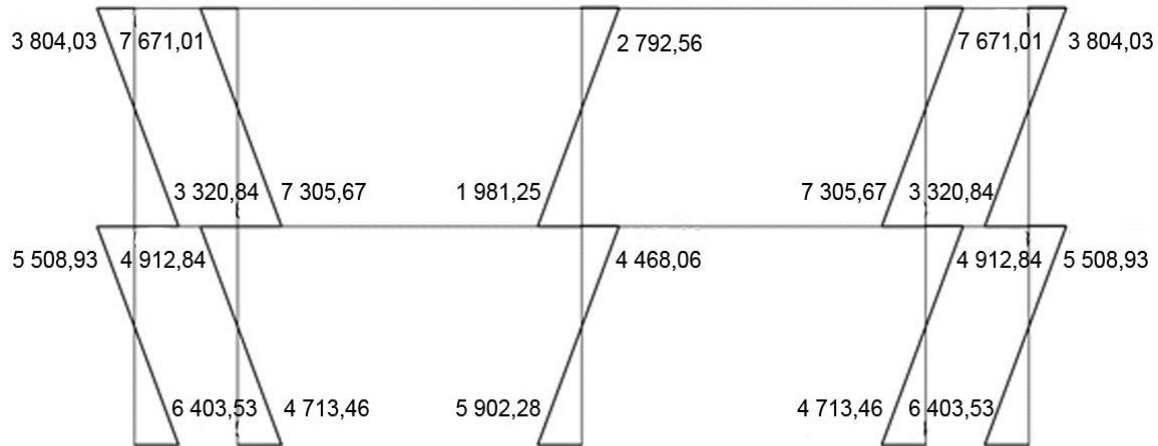
Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Envolvente de momentos en columnas sentido X (kg-m)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Envolvente de momentos en columnas sentido Y (kg-m)**



Fuente: elaboración propia.

2.1.4.3.5. Diagramas de momentos y corte

Los diagramas de la envolvente de momentos se muestran en las figuras 22 - 25.

Los cortes en los marcos se calculan con las fórmulas siguientes, para el corte en vigas:

$$V_V = 0.75 * \left[\frac{1.4 * W_{CM} * L}{2} + \frac{1.7 * W_{CV} * L}{2} + \frac{1.87 * \sum M_S}{L} \right]$$

Para el corte en columnas:

$$V_{Col.} = \frac{\sum M_{Col.}}{L}$$

Corte en marco critico:

Para la viga 1-2 del primer nivel marco C:

$$V_V = \left[\frac{1.4 \cdot 2075 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 5\text{m}}{2} + \frac{1.7 \cdot 875 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 5\text{m}}{2} + \frac{1.87 \cdot \sum(5593.12 \text{ kg-m} + 4893.13 \text{ kg-m})}{5\text{m}} \right]$$

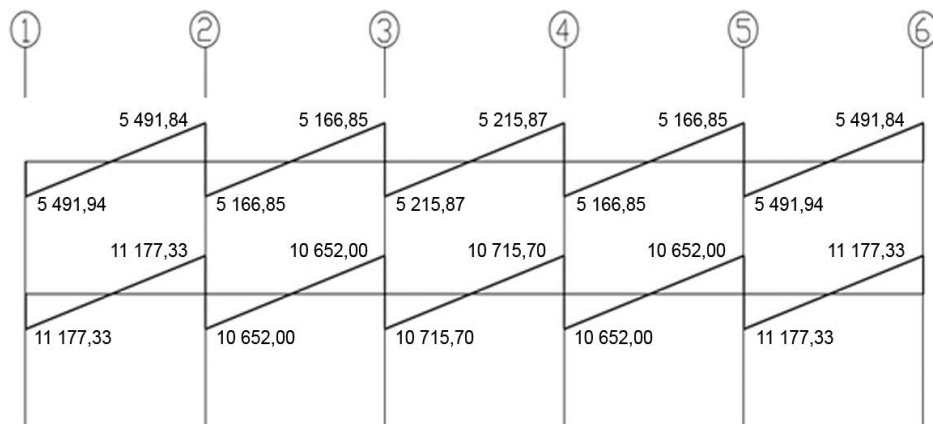
$$V_V = 11177.33 \text{ kg}$$

Para la columna 1 del primer nivel marco C:

$$V_{\text{Col.}} = \frac{\sum(9964.41 \text{ kg-m} + 7398.66 \text{ kg-m})}{3\text{m}} = 5687.69 \text{ kg}$$

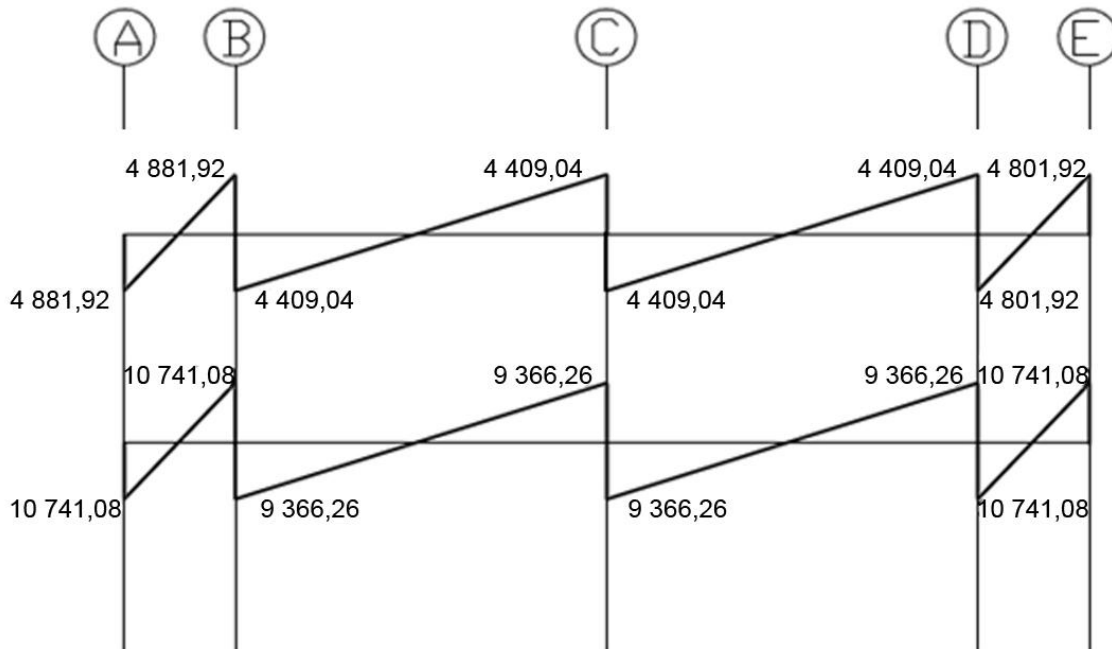
El procedimiento para los demás elementos fue el mismo, a continuación los diagramas de corte para los marcos críticos:

Figura 26. Diagrama de corte en vigas sentido X (kg)



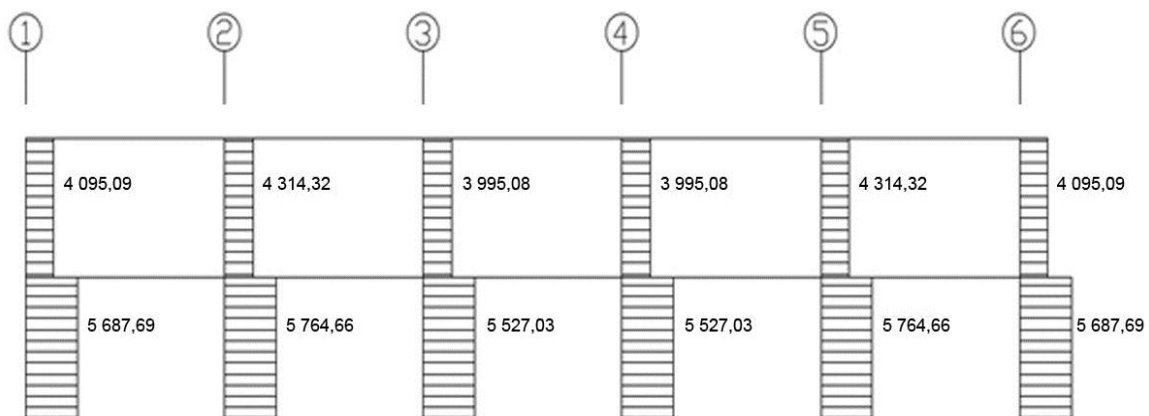
Fuente: elaboración propia.

Figura 27. Diagrama de corte en vigas sentido Y (kg)



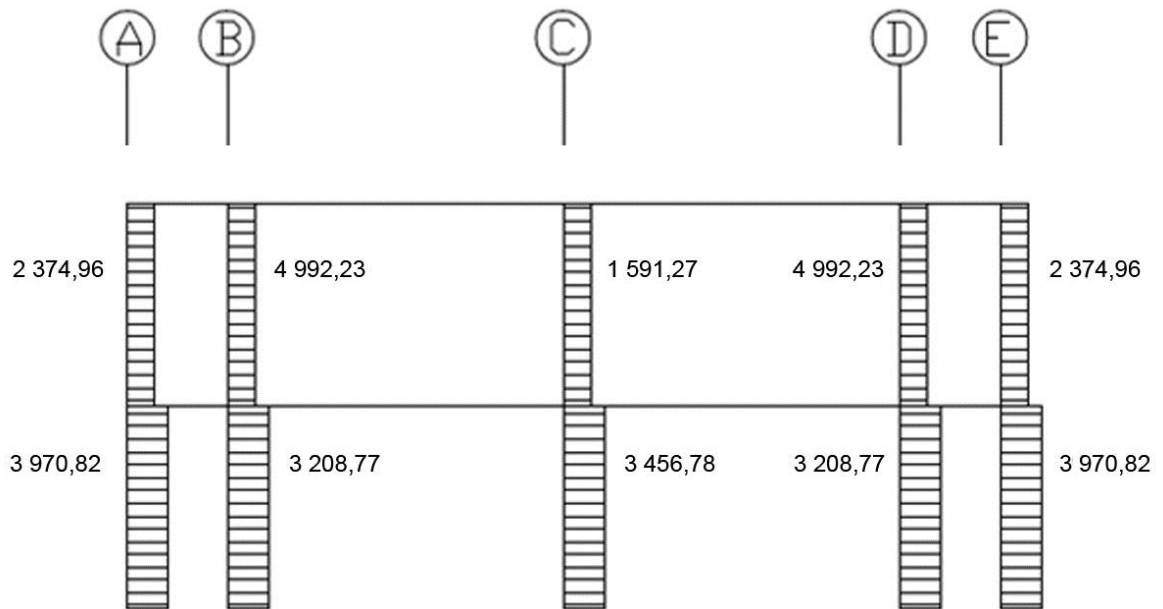
Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Diagrama de corte en columnas sentido X (kg)



Fuente: elaboración propia.

Figura 29. Diagrama de corte en columnas sentido Y (kg)



Fuente: elaboración propia.

2.1.5. Diseño estructural

Es la actividad que se realiza, por medio de una serie de cálculos, con el fin de definir las características detalladas de los distintos elementos que componen una estructura.

2.1.5.1. Losas

En el diseño de las losas, según el criterio de la relación de sus aristas, se aplicó el método 3 ACI.

Relación de lados de las losas:

Losas 1y2:

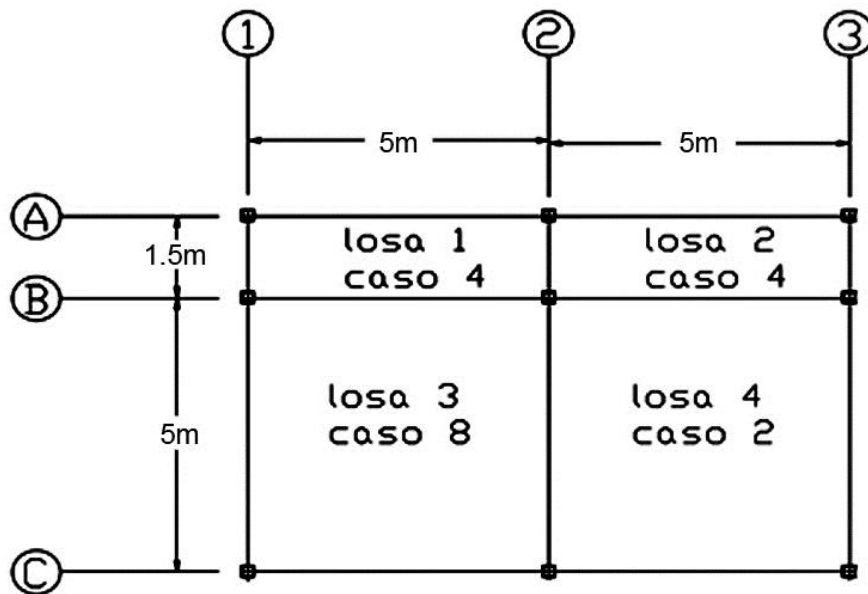
$$m = A/B = 1.5/5 = 0.3$$

Losas 3y4:

$$m = A/B = 5/5 = 1$$

Las losas 1 y 2 no cumplen con la relación de A/B pero por estar apoyadas en los cuatro lados entonces pasa a ser losa en dos sentidos; Por lo tanto las losas serán diseñadas en dos sentidos ya que $m > 0.5$ en los demás casos; Para determinar los casos propuestos por método 3 del ACI, (ver Anexo 4).

Figura 30. **Planta de losas del primer nivel**



Fuente: elaboración propia.

Datos:

$$f_y = 2\,810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_c = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$Y_{\text{con.}} = 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$CM_{\text{losa}} = 288 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{mezclon + piso}} = 144 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{muros}} = 210 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{acabados}} = 80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{total}} = 722 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CV_{\text{pasillos}} = 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CV_{\text{locales}} = 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Carga última o carga de diseño:

$$CU = 1,4CM + 1,7CV$$

Losas 1 y 2:

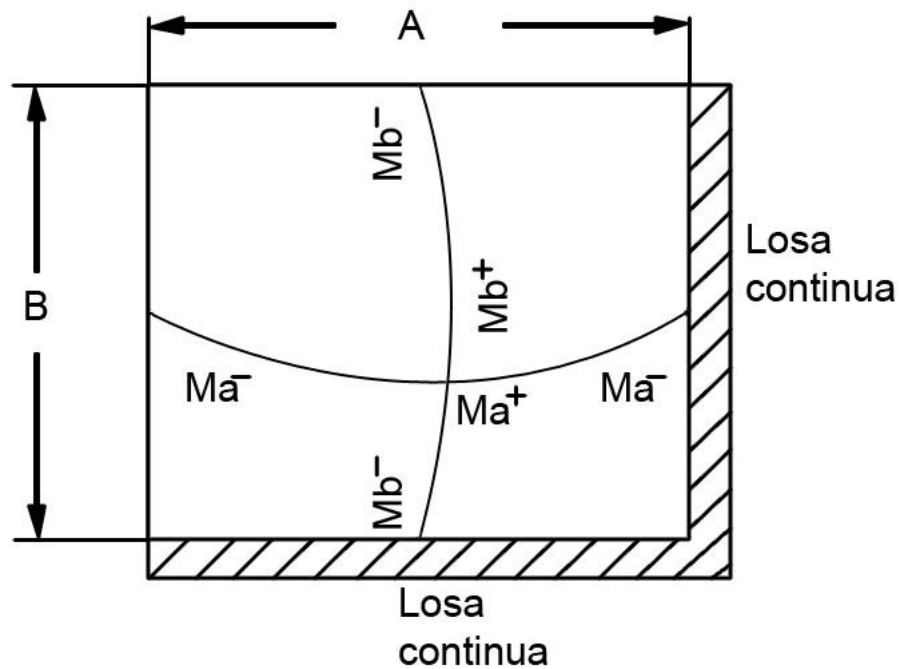
$$CU = 1,4 \left(722 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) + 1,7 \left(500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 1\,860,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 1\text{m} = 1\,860,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Losas 3 y 4:

$$CU = 1,4 \left(722 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) + 1,7 \left(350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 1\,605,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 1\text{m} = 1\,605,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Cálculo de momentos actuantes:

Figura 31. **Determinación de los momentos en losas**



Fuente: elaboración propia.

Momentos actuantes según coeficiente:

Positivos:

$$M_{A(+)} = C_a * C M_u * a^2 + C_a * C V_u * a^2$$

$$M_{B(+)} = C_b * C M_u * b^2 + C_b * C V_u * b^2$$

Negativos:

$$M_{A(-)} = C_a * C U * a^2$$

$$M_{B(-)} = C_b * C U * b^2$$

Donde:

C = Coeficiente de tablas de ACI

M = Momento actuante

CV_u, CM_u = Carga viva y carga muerta última

a, b = Lado corto y largo de la losa

En losas sin continuidad el momento negativo es igual:

$$M_{A(-)} = \frac{1}{3} * M_{A(+)}$$

$$M_{B(-)} = \frac{1}{3} * M_{B(+)}$$

Cargas últimas aplicadas con una franja unitaria de un metro

$$CV_u = 1.7 * \left(500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * 1\text{m} = 850 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad (\text{pasillos})$$

$$CV_u = 1.7 * \left(350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * 1\text{m} = 595 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad (\text{locales})$$

$$CM_u = 1.4 * \left(722 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * 1\text{m} = 1\,010.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad (\text{pasillos y locales})$$

Losa 1 (caso 4):

$$C_{a^-} = 0.094$$

$$C_{a^+CM} = 0.059$$

$$C_{a^+CV} = 0.077$$

$$C_{b^-} = 0.006$$

$$C_{b^+CM} = 0.004$$

$$C_{b^+CV} = 0.005$$

Momentos negativos:

$$M_{A(-)} = 0.094 * 1\,860.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (1.5 \text{ m})^2 = 393.56 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{B(-)} = 0.006 * 1\,860.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (5 \text{ m})^2 = 279.12 \text{ kg} - \text{m}$$

Momentos positivos:

$$M_{A(+)} = 0.059 \cdot 1010.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot (1.5 \text{ m})^2 + 0.077 \cdot 850 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot (1.5 \text{ m})^2 = 281.45 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{B(+)} = 0.004 \cdot 1010.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot (5 \text{ m})^2 + 0.005 \cdot 850 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot (5 \text{ m})^2 = 207.33 \text{ kg} - \text{m}$$

Momentos negativos en lado de losa sin continuidad:

$$M_{A(-)} = \frac{1}{3} \cdot 281.45 \text{ kg} - \text{m} = 93.82 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{B(-)} = \frac{1}{3} \cdot 207.33 \text{ kg} - \text{m} = 69.11 \text{ kg} - \text{m}$$

El procedimiento fue el mismo para el resto de las losas, a continuación el resumen:

Tabla III. **Resumen de cálculo de momentos en losas**

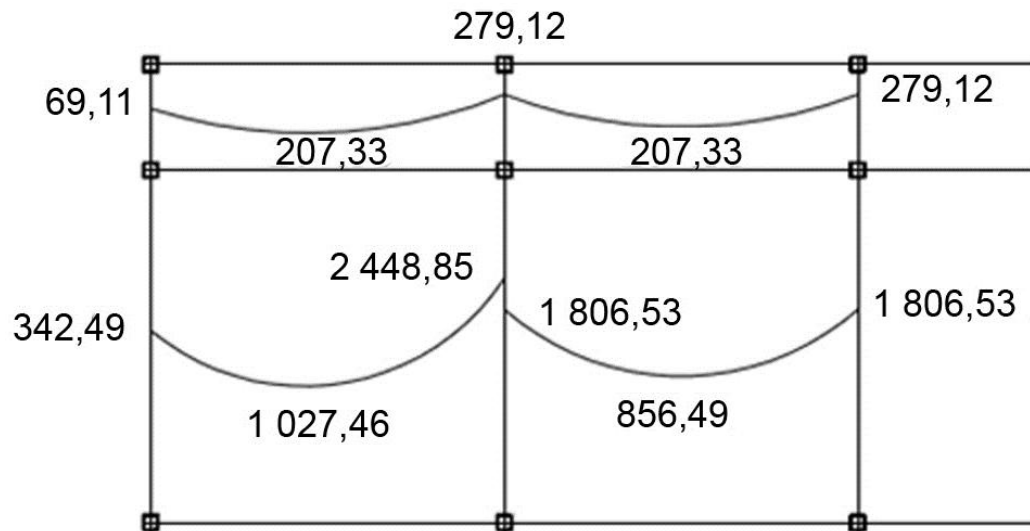
Losa	A	B	m	caso	CV _u	CM _u	Ca-	Cb-	Momento -	
									Ma-	Mb-
1 y 2	1.5	5	0.3	4	850	1010	0.094	0.006	393.56	279.12
3	5	5	1	8	595	1010	0.033	0.061	1324.79	2448.85
4	5	5	1	2	595	1010	0.045	0.045	1806.53	1806.53

Continuación de la tabla III.

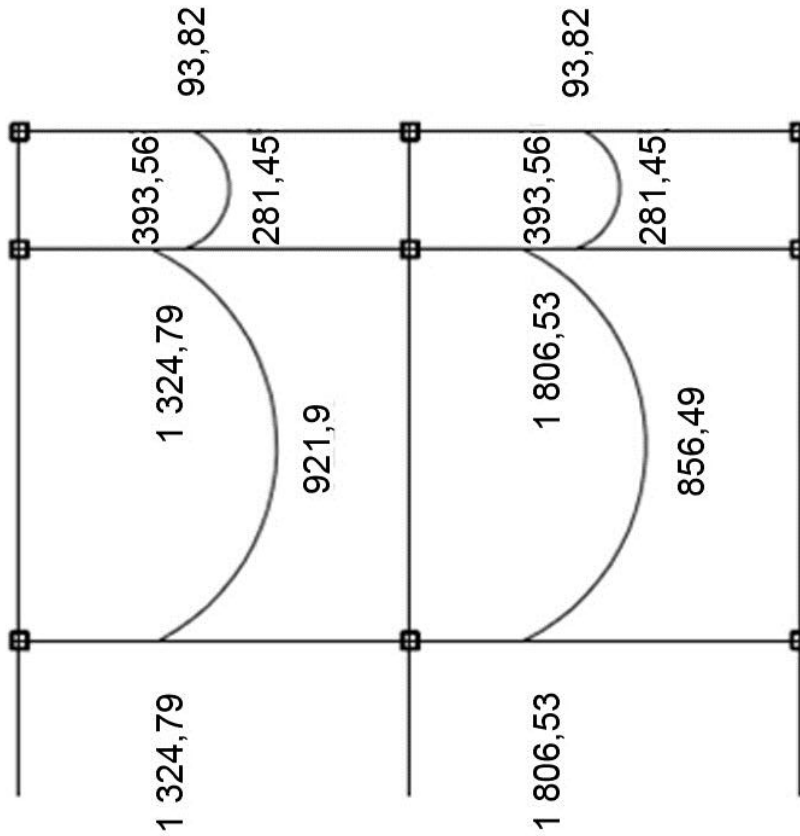
Ca cm	Cb cm	Ca cv	Cb cv	Momento +	
				Ma+	Mb+
0.059	0.004	0.077	0.005	281.45	207.33
0.020	0.023	0.028	0.030	921.9	1027.46
0.018	0.018	0.027	0.027	856.49	856.49

Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Momentos en losas**



Continuación de la figura 32.

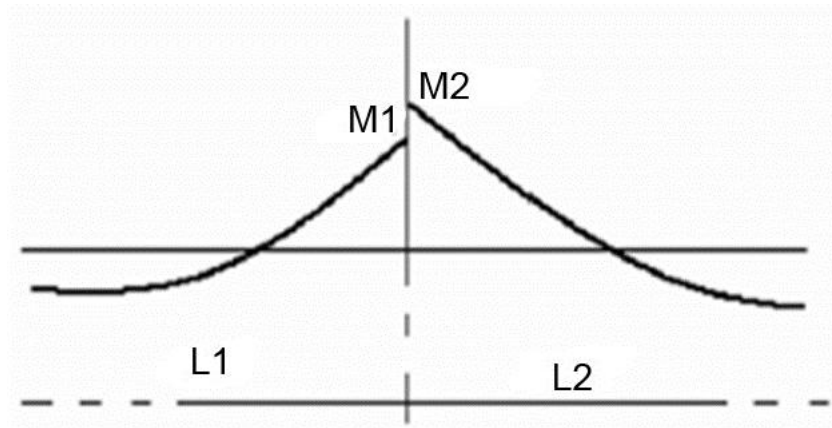


Fuente: elaboración propia.

Por simetría los momentos en las losas posteriores son iguales.

Balance de momentos; cuando dos losas comparten un lado en común y en el mismo, ambas presentan diferencia de momentos actuantes, deben balancearse, para el cual el código ACI recomienda el procedimiento siguiente:

Figura 33. Balance de momentos



Fuente: elaboración propia.

Si $0.8 \cdot M_{\text{mayor}} \leq M_{\text{menor}}$; entonces $M_B = (M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}})/2$

Si $0.8 \cdot M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}}$; entonces $M_B =$ proporcional a su rigidez y se procede de la siguiente manera:

$$k_1 = \frac{1}{L_1},$$

$$k_2 = \frac{1}{L_2},$$

$$D_1 = \frac{k_1}{k_1 + k_2},$$

$$D_2 = \frac{k_2}{k_1 + k_2}$$

$k_1, k_2 =$ rigideces de losas a y b

$L_1, L_2 =$ longitudes de losas

$D_1, D_2 =$ factores de distribución de losas 1 y 2

$$dM = M_2 - M_1;$$

L_1 y L_2 = Longitud de losa considerada

D_2	D_1
M_2	M_1
$(-)D_2^*(dM)$	$(+)D_1^*(dM)$
M_B	M_B

Balance de momentos en losa 1 y 3:

$$M_2 = 1\,324.79 \text{ kg} - \text{m},$$

$$M_1 = 393.56 \text{ kg} - \text{m}$$

$0.8 \cdot (1\,324.79 \text{ kg} - \text{m}) = 1\,059.83 \text{ kg} - \text{m} > 393.56 \text{ kg} - \text{m}$; No cumple, se balancea por su rigidéz.

$$k_1 = \frac{1}{1.5} = 0.66$$

$$k_2 = \frac{1}{5} = 0.2$$

$$D_1 = \frac{0.66}{0.66+0.2} = 0.77$$

$$D_2 = \frac{0.2}{0.66+0.2} = 0.23$$

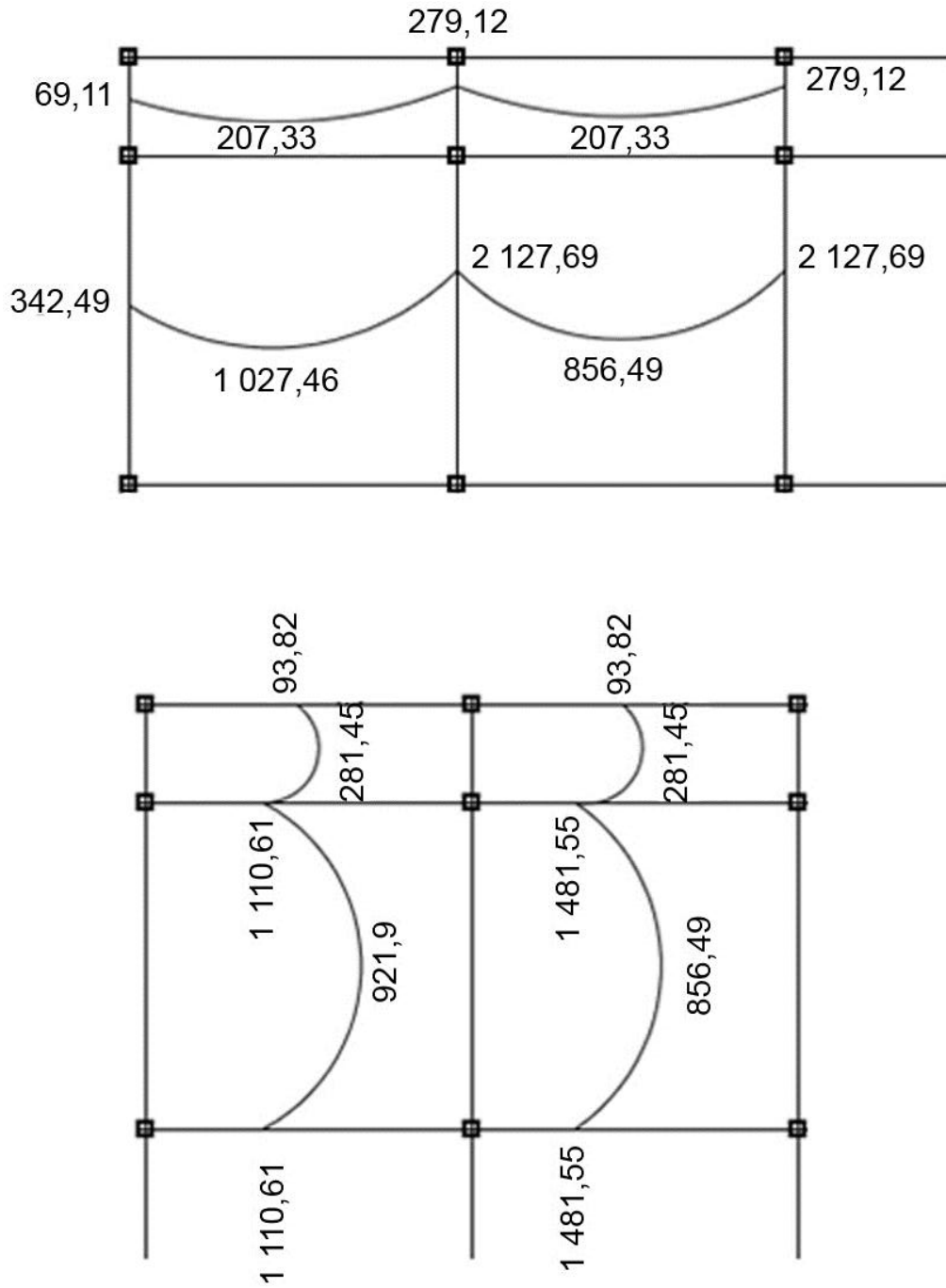
$$dM = 1\,324.79 - 393.56 = 931.23 \text{ kg} - \text{m}$$

0.23	0.77
1 324.79	393.56
-214.18	717.05
1 110.61	1 110.61

El momento balanceado entre las losas 1 y 3 es: $M_B = 1\,110.61 \text{ kg} - \text{m}$

El procedimiento se aplicó para todas las losas, en ambos sentidos.

Figura 34. **Momentos balanceados en losas del primer nivel**



Fuente: elaboración propia.

Diseño del armado de losa:

Primero se debe establecer el acero mínimo y el momento que resiste, para luego calcular el acero de refuerzo para los momentos mayores al mínimo.

Datos:

$$f_y = 2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_c = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Espesor de losa $t = 0,12 \text{ m}$

$b = 100 \text{ cm}$ (franja unitaria)

Recubrimiento = $2,5 \text{ cm}$

\varnothing refuerzo = $3/8''$

Área de acero mínimo:

$$A_{s \text{ min.}} = \rho_{\text{mín}} * b * d$$

$$\rho_{\text{mín}} = 14,1 / F_y$$

$$A_{s \text{ min.}} = \left(\frac{14,1}{f_y} \right) * b * d$$

$$d = t - \text{rec} - \varnothing/2$$

$$d = 12 - 2,5 - (0,952/2) = 9,02 \text{ cm}$$

$$A_{s \text{ min.}} = \left(\frac{14,1}{2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \right) * (100 \text{ cm}) * (9,02 \text{ cm}) = 4,53 \text{ cm}^2$$

Área de acero máximo:

$$A_{s \text{ max.}} = \rho_b * b * d$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \cdot 0.85 \cdot f_c' \cdot 6115}{f_y \cdot (6115 + f_y)} = \frac{0.85 \cdot 0.85 \cdot 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 6115}{2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot (6115 + 2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2})} = 0.03699$$

$$A_{s \text{ max.}} = (0.03699) \cdot (100 \text{ cm}) \cdot (9.02 \text{ cm}) = 33.36 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento considerando una varilla No. 3:

$$A_{\text{varilla}} = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$\begin{array}{l} 4.53 \text{ cm}^2 \longrightarrow 100 \text{ cm} \\ 0.71 \text{ cm}^2 \longrightarrow S \end{array}$$

Aplicando una regla de tres:

$$S = \frac{(0.71 \text{ cm}^2) \cdot (100 \text{ cm})}{4.53 \text{ cm}^2} = 15.67 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

La separación máxima que permite el ACI es 2t,

$$S_{\text{max.}} = 2 \cdot t = 2 \cdot 12 \text{ cm} = 24 \text{ cm} > 15.67 \text{ cm}$$

Debido a que la separación máxima es mayor a la obtenida se usa

$$S = 15 \text{ cm.}$$

Momento que resiste el $A_{s \text{ min.}}$:

$$M_{A_{s \text{ min.}}} = \phi \cdot \left[A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{A_s \cdot f_y}{1.7 \cdot f_c' \cdot b} \right) \right]$$

$$M_{Asmin.} = 0.9 * \left[4.53 * 2\,810 * \left(9.02 - \frac{(4.53) * (2\,810)}{(1.7) * (210) * (100)} \right) \right] = 99\,251.54 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$M_{Asmin.} = 992.51 \text{ kg} - \text{cm}$$

Para los momentos menores a $M_{Asmin.}$, se armarán con A_{smin} y $S = 15\text{cm}$, para momentos mayores se armaran según indique el cálculo.

Calculando A_s para el momento negativo entre losa 3 y 4:

$$A_s = \frac{0.85 * f_c}{f_y} \left[(b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 * f_c}} \right]$$

$$A_s = \frac{0.85 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{2\,810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * \left[(100 \text{ cm} * 9.02 \text{ cm}) - \sqrt{(100 \text{ cm} * 9.02 \text{ cm})^2 - \frac{2\,127.69 \text{ kg} - \text{m} * 100 \text{ cm}}{0.003825 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}} \right]$$

$$A_s = 10.24 \text{ cm}^2$$

Calculando el espaciamiento requerido:

$$S = \frac{(0.71 \text{ cm}^2) * (100 \text{ cm})}{10.24 \text{ cm}^2} = 6.93 \text{ cm} \approx 7 \text{ cm}$$

El armado de las losas del primer nivel es el siguiente: para losas de dimensiones 5 m por 5 m, varillas # 3 @ 14 cm, con un bastón intercalado en ambos sentidos y en las losas de dimensiones 5m por 1.5 m, varillas # 3 @ 14 cm, en el sentido Y y en el sentido X se arma igual que las losas de dimensiones grandes.

El procedimiento fue el mismo para los demás momentos en todas las losas.

Revisión por corte:

El corte debe ser resistido únicamente por el concreto, por tal razón, se debe verificar si el espesor de la losa es el adecuado.

$$V_{\max.} = \frac{C_u * L}{2} = \frac{1\ 605.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 5\text{m}}{2} = 4\ 014.5 \text{ kg}$$

Corte máximo resistente:

$$V_{\text{res.}} = 0.53 * \phi * b * d * \sqrt{f'_c}$$

$$V_{\text{res.}} = 0.53 * 0.85 * 100 \text{ cm} * 9.02 \text{ cm} * \sqrt{210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 5\ 888.59 \text{ kg}$$

Como $V_{\text{res}} > V_{\text{max}}$, el espesor de la losa es el adecuado, en caso contrario sería necesario aumentar el espesor.

El diseño de las losas del segundo nivel es similar, ver planos en el apéndice.

2.1.5.2. Vigas

Son elementos estructurales que trabajan a flexocompresión y corte, estas soportan el peso de la losa y el propio y la transmiten a las columnas y muros si es el caso.

Los datos necesarios para realizar el diseño se toman de la envolvente de momentos en las vigas, a manera de ejemplo se diseña la viga crítica en el edificio.

Viga 1-2 del sentido X en el primer nivel:

Datos:

$$f_y = 2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_c = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Sección = 25 * 45 cm

Rec. = 3 cm

d = 45 – 3 cm = 42 cm

Calculando $A_{s\text{mín}}$ de la sección; en ningún caso el refuerzo a flexión en una viga debe ser menor a éste, si en caso todas las vigas demandan un refuerzo menor al mínimo sería adecuado reducir la sección propuesta.

Acero mínimo:

$$A_{s\text{mín}} = \rho_{\text{mín}} * b * d$$

$$\rho_{\text{mín}} = 14,1 / f_y$$

$$A_{s\text{mín}} = (14,1/2810) * 25 * 42 = 5,27 \text{cm}^2$$

Calculando $A_{s\text{max}}$ de la sección; si las secciones demandan un refuerzo mayor al $A_{s\text{max}}$, será necesario rediseñar los elementos, a modo que sean capaces de resistir las cargas actuantes.

$$A_{s\text{max}} = 0,5 * \rho_{\text{bal}} * b * d$$

$$\rho_{bal} = (0,85 * 0,85 * 210 * 6\ 115) / (2\ 810 * (6\ 115 + 2\ 810))$$

$$\rho_{bal} = 0,03699$$

$$A_{sm\acute{a}x} = 0,5 * 0,03699 * 25 * 42 = 19,42 \text{ cm}^2$$

Refuerzo longitudinal solicitado; se calcula con la siguiente ecuaci3n:

$$A_s = \left[(b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'_c}} \right] * \frac{0,85 * f'_c}{f_y}$$

Calculando A_s para $M(-)1 = 12\ 818,42 \text{ kg-m}$

$$A_s = \left[(25 * 42) - \sqrt{(25 * 42)^2 - \frac{12\ 818,42 * 25}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2\ 810} = 13,42 \text{ cm}^2$$

Tabla IV. **C\c1culo de \c1rea de acero**

	Momentos	A_{Sreq}	A_{Smin}	A_{Smax}
M(-)1	12 818,42	13,42	5,27	19,42
M(+)	5 315,63	5,21	5,27	19,42
M(-)2	14 502,42	15,42	5,27	19,42

Fuente: elaboraci3n propia.

Para el armado final de la viga, se deben cumplir con los siguientes requisitos s\smicos, seg\un el c3digo ACI-318 Cap. 21:

- Cama superior:
Colocar 2 varillas como mínimo, con el área mayor de las opciones;
 1. $A_{smín} = 5,27 \text{ cm}^2$
 2. 33% $A_{s(-)}$ mayor = $5,08 \text{ cm}^2$

Para este caso será necesario colocar $A_{smín}$, por lo tanto se colocan 2#6 corridas, $A_s = 5,70 \text{ cm}^2$

Cuando el $A_{scal.} > A_{sreq.}$, se complementa con la diferencia del área de acero, colocando un bastón.

- Cama inferior:
Colocar 2 varillas como mínimo, con el área mayor de las opciones;
 1. $A_{smín} = 5,27 \text{ cm}^2$
 2. 50% $A_{s(+)}$ = $2,61 \text{ cm}^2$
 3. 50% $A_{s(-)}$ mayor = $7,71 \text{ cm}^2$

Para este caso será necesario colocar $7,71 \text{ cm}^2$, utilizando 2#6 + 2#4 corridas.

En este caso el área de acero calculado es mayor que el área de acero requerido, se complementa con la diferencia de área de acero y se colocan bastones.

El procedimiento fue el mismo para cada viga de la estructura, para las vigas con momentos de magnitud similar se consideró un promedio para diseñar el refuerzo a flexión.

Tabla V. Diseño de vigas a flexión

	viga	M	momentos	As	As min.	33% As(-)	Cama superior	50% As(-)	50% As(+)	Cama inferior	Varillas corridas		Varilla bastones				
											# 6	# 4	As - Ascorrido	# 4	# 5	# 6	# 8
M a r c o	1-2 n2	M(-)1	6 507,41	6,44	5,27	2,39	5,27	3,63	1,24	5,27	2		0,74	1			
		M(+)	2 579,30	2,47							2						
		M(-)2	7 281,31	7,25							2		1,55		1		
	2-3 n2	M(-)1	6 467,67	6,40	5,27	2,11	5,27	3,20	1,02	5,27	2		0,70		1		
		M(+)	2 125,98	2,03							2						
		M(-)2	6 376,03	6,30							2		0,60	1			
	3-4 n2	M(-)1	6 495,08	6,42	5,27	2,12	5,27	3,21	1,05	5,27	2		0,72	1			
		M(+)	2 191,75	2,10							2						
		M(-)2	6 595,08	6,42							2		0,72	1			
	1-2 n1	M(-)1	12 818,42	13,42	5,27	5,08	5,27	7,71	2,61	7,71	2	2	5,19	2		2	
		M(+)	5 315,63	5,21							2	2					
		M(-)2	14 502,42	15,42							2	2	7,19	2			2
2-3 n1	M(-)1	13 060,81	13,70	5,27	4,52	5,27	6,85	2,18	6,85	2	2	5,47	2			2	
	M(+)	4 491,70	4,37							2	2						
	M(-)2	12 871,78	13,48							2	2	5,25	2		2		
3-4 n1	M(-)1	13 049,04	13,69	5,27	4,52	5,27	6,85	2,23	6,85	2	2	5,46	2		2		
	M(+)	4 593,74	4,47							2	2						
	M(-)2	13 049,04	13,69							2	2	5,46	2		2		
M a r c o 2	A-B n2	M(-)1	3 804,04	3,68	5,27	1,50	5,27	2,28	0,48	5,27	2						
		M(+)	1 022,18	0,97							2						
		M(-)2	4 674,87	4,56							2						
	B-C n2	M(-)1	3 828,55	3,71	5,27	1,57	5,27	2,39	1,12	5,27	2						
		M(+)	2 348,54	2,25							2						
		M(-)2	4 892,26	4,78							2						
	A-B n1	M(-)1	8 829,76	8,91	5,27	3,48	5,27	5,28	1,10	5,28	2		3,21				1
		M(+)	2 311,97	2,21							2						
		M(-)2	10 328,63	10,56							2		4,86				1
	B-C n1	M(-)1	8 293,29	8,33	5,27	3,56	5,27	5,40	2,40	5,40	2		2,63				1
		M(+)	4 928,52	4,81							2						
		M(-)2	10 555,40	10,81							2		5,11			2	

Fuente: elaboración propia.

Diseño a corte: los objetivos de colocar acero transversal son: por armado, para mantener el refuerzo longitudinal en la posición deseada y para contrarrestar los esfuerzos de corte; en caso de que la sección de concreto no fuera suficiente para cumplir esta función.

El procedimiento a seguir es el siguiente: comparar corte resistente con corte último, el código ACI establece que si el aporte del cortante por sismo es mayor o igual al 50% del corte total la resistencia del concreto se desprecia:

Si $V_{res} > V_u$, la viga necesita estribos solo por armado, a $S_{m\acute{a}x.} = d/2 < 30$ cm.

Si $V_{res} < V_u$, se diseñan estribos por corte, usando lo siguiente:

$$S = \frac{2 \cdot A_v \cdot f_y \cdot b \cdot d}{V_u}$$

$$V_{res} = 0,53 \cdot 0,85 \cdot b \cdot d \cdot (f_c)^{1/2}$$

$$V_{res} = 0,53 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 42 \cdot (210)^{1/2} = 6\ 854,78 \text{ kg}$$

$$V_u = 11\ 177,33 \text{ Kg}$$

Como $V_u > V_{res}$, Por lo tanto usar estribos No. 3 a cada

$$S_{max.} = \frac{2 \cdot 0,71 \cdot 2\ 810 \cdot 25 \cdot 42}{11\ 177,33} = 15 \text{ cm}$$

Por relación de triángulos se obtiene "x", que es la distancia desde la cara del elemento hasta la zona de confinamiento.

$$\frac{11\ 177,33}{6\ 8854,78} = \frac{2,5}{2,5-x} \rightarrow x = 0,97 \text{ m}$$

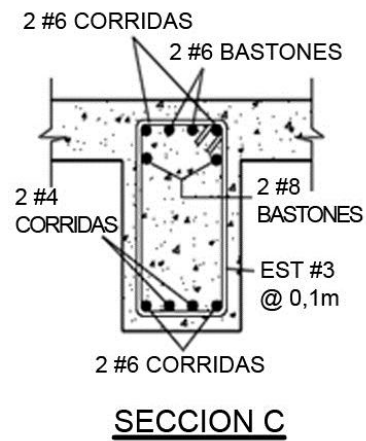
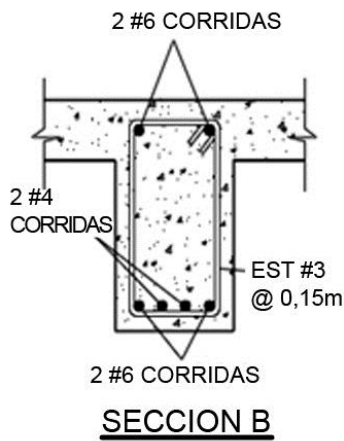
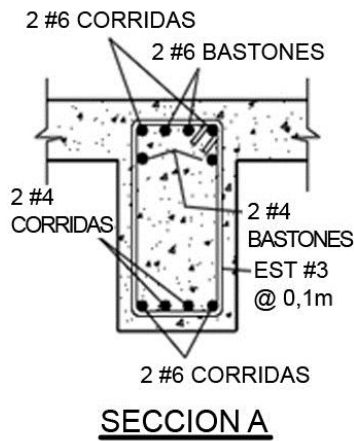
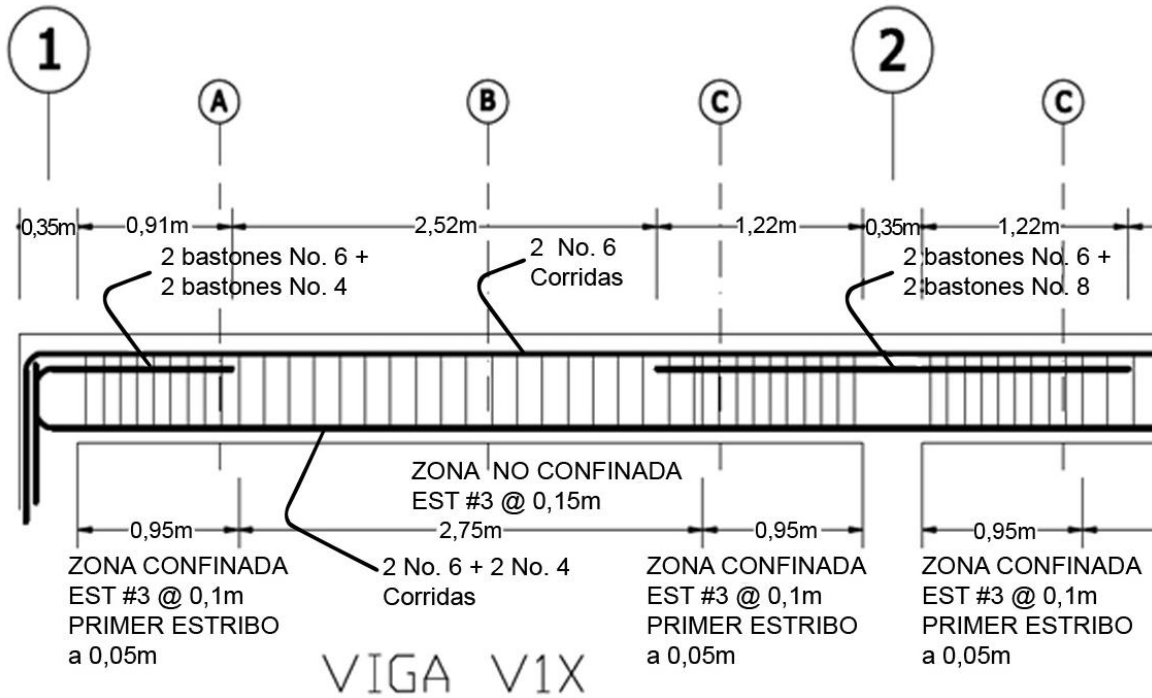
Según ACI artículo 21.3.3.2, deben colocarse estribos en una longitud igual a $2d$ (84 cm para este caso), la longitud a confinar para el diseño es 84 cm medida desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento en flexión. El primer estribo debe estar situado a no más de 5 cm, de la cara del elemento de apoyo.

El espaciamiento máximo de los estribos en la zona de confinamiento no debe exceder de;

1. $d/4 = 10,5 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$
2. $8 \text{ } \emptyset \text{ var longitudinal} = 20,32 \text{ cm}$
3. $24 \text{ } \emptyset \text{ var transversal} = 22,8 \text{ cm}$
4. No mayor de 30 cm

Separación de estribos en zona confinada; 10 cm y 15 cm en zona no confinada, con varilla No.3.

Figura 35. Detalle de armado en Viga 1X



Fuente: elaboración propia.

2.1.5.3. Columnas

Las columnas son elementos estructurales que están sometidas a carga axial y momentos flexionantes. Para el diseño, la carga axial es el valor de todas las cargas últimas verticales que soporta la columna, esta carga se determina por el área tributaria.

Los momentos flexionantes son tomados del análisis estructural. Para diseñar la columna, se toma el mayor de los dos momentos actuantes en extremos de ésta. Para este caso, se diseñan por cada nivel únicamente las columnas críticas, es decir, las que están sometidas a mayores esfuerzos.

El diseño resultante para cada columna es aplicado a todas las columnas del nivel respectivo. En esta sección se describe el procedimiento que se siguió para diseñar las columnas típicas del nivel 2 del edificio municipal.

Datos:

Sección de columna = 35cm*35cm

Sección de viga = 25cm*45cm

$M_x = 7\,009,64 \text{ kg} - \text{m}$

$M_y = 7\,671,01 \text{ kg} - \text{m}$

$V_x = 4\,314,32 \text{ kg}$

$V_y = 4\,992,23 \text{ kg}$

Longitud de columna = 3,00 m

Longitud de vigas = 9,5 m

Área tributaria = 25 m²

Espesor de losa = 0,12 m

La carga axial P_u que resiste la columna, es el peso de las columnas sobre la columna que se analizará, incluyendo el área tributaria de las columnas por encima de la que se está analizando.

$$\begin{aligned} \text{CMU} &= 1,4(W_{\text{acabados}}+W_{\text{losa}}+W_{\text{piso}}+W_{\text{muros}}) \\ \text{CMU} &= 1,4(80 + 288 + 144 + 210) = 1\,010,8 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

La carga viva a utilizar es proporcional a las cargas aplicadas y el área correspondiente, 25 m^2 para almacenes minoristas, dando como resultado 350 kg/m^2 .

$$\begin{aligned} \text{CVU} &= 1,7 * (W_{\text{viva}}) \\ \text{CVU} &= 1,7*(350) = 595 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{CU} = \text{CMU} + \text{CVU} = 1\,010,8 + 595 = 1\,605,8 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo del factor de carga última:

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{FCU} &= \frac{\text{CU}}{\text{CM} + \text{CV}} \\ \text{FCU} &= \frac{1\,605,8}{722 + 350} = 1,49 \end{aligned}$$

Cálculo de la carga axial P_u :

$$\begin{aligned} P_u &= (A_T * \text{CU}) + (\text{PP vigas} * \text{Fcu}) \\ P_u &= (25 * 1\,605,8) + (2\,400 * 0,25 * 0,45 * 9,5 * 1,49) \\ P_u &= 43\,966,85 \text{ kg} \end{aligned}$$

Esbeltez (E): las columnas se clasifican según su esbeltez, con el objetivo de ubicarlas en un rango, para determinar su comportamiento bajo cargas sometidas y diseñarlas en base esto.

- Columnas cortas ($E < 22$): diseñarlas con los datos originales del diseño estructural.
- Columnas intermedias ($22 < E < 100$): diseñarlas magnificando los momentos actuantes.
- Columnas largas ($E > 100$): no construirlas.

Cálculo de coeficiente que miden el grado de empotramiento a la rotación en las columnas (Ψ):

Extremo superior: $\Psi = \Sigma K_{col} / \Sigma K_{vigas}$.

Sentido X:

$$I_{col} = 0,35 \cdot 0,35^3 / 12 = 0,001250$$

$$I_{vig} = 0,25 \cdot 0,45^3 / 12 = 0,001898$$

$$K_{col} = 0,001250 / 3 = 0,0004166$$

$$K_{vig \text{ izquierda}} = 0,001898 / 5 = 0,0003796$$

$$K_{vig \text{ derecha}} = 0,001898 / 5 = 0,0003796$$

$$\Psi_a = 0,0004166 / (0,0003796 + 0,0003796) \text{ (extremo superior)}$$

$$\Psi_a = 0,55$$

$$\Psi_b = 2 \times 0,0004166 / (0,0003796 + 0,0003796) \text{ (extremo inferior)}$$

$$\Psi_b = 1,09$$

$$\Psi_p = (\Psi_a + \Psi_b) / 2$$

$$\Psi_p = (0,55 + 1,09) / 2$$

$$\Psi_p = 0,82$$

Cálculo de K (factor de longitud efectiva):

$$k = \frac{(20 - \Psi_p)}{20} * \sqrt{1 + \Psi_p}, \quad \text{si } \Psi_p < 2$$

$$k = 0,9 * \sqrt{1 + \Psi_p}, \quad \text{si } \Psi_p > 2$$

Como $\Psi_p < 2$:

$$k = \frac{(20 - 0,82)}{20} * \sqrt{1 + 0,82} = 1,30$$

Esbeltez en columna:

$$E = K * Lu / \sigma, \text{ donde } \sigma = 0,3 * \text{lado}$$

$$E = 31,57$$

$31,57 > 22$ y < 100 ; Se clasifica como columna intermedia.

Esbeltez de columna, sentido Y:

$$\Psi_p = 0,85$$

$$K = 1,30$$

$E = 31,57 > 22$ y < 100 ; columna intermedia.

Según los resultados de esbeltez, se deben magnificar los momentos actuantes.

Magnificación de momentos: cuando se hace un análisis estructural de segundo orden, en el cual se toman en cuenta las rigideces reales, los efectos de las deflexiones, los efectos de la duración de la carga y cuyo factor principal a incluir es el momento debido a las deflexiones laterales de los miembros, se pueden diseñar las columnas utilizando directamente los momentos calculados.

Por otro lado, si se hace un análisis estructural convencional de primer orden, como en este caso, en el cual se usan las rigideces relativas aproximadas y se ignora el efecto de desplazamientos lateral de los miembros, es necesario modificar los valores calculados con el objetivo de obtener valores que tomen en cuenta los efectos de desplazamiento. Para este caso, esa modificación se logra utilizando el método ACI de magnificación de momentos.

Sentido X:

Factor de flujo plástico del concreto:

$$\beta_d = \frac{CMU}{CU} = \frac{1,4*(722)}{1\ 605,8} = 0,63$$

Cálculo del EI total del material:

$$E_c = 15\ 100 * \sqrt{f_c}$$

$$EI = \frac{E_c * I_g}{2,5*(1+\beta_d)}, \quad \text{donde: } I_g = \frac{1}{12} * b * h^3$$

$$EI = \frac{15\,100 \cdot \sqrt{210} \cdot \frac{1}{12} \cdot 35 \cdot 35^2}{2,5 \cdot (1+0,63)} = 671,51 \text{ Ton-m}^2$$

Cálculo de la carga crítica de pandeo de Euler:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(K \cdot Lu)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 671,51}{(1,30 \cdot 2,55)^2} = 603,09 \text{ Ton}$$

Magnificador de momentos:

$\Delta > 1$ y $\theta = 0,70$ si se usan estribos

$$\Delta = \delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\theta \cdot P_{cr}}}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{43,96}{0,70 \cdot 603,09}} = 1,12$$

Momento de diseño sentido X:

$$M_{dx} = \delta \cdot M_u = 1,12 \cdot 7\,009,64 = 7\,850,79 \text{ Kg - m}$$

Momento de diseño sentido Y:

$$\beta_d = 0,63$$

$$EI = 671,51 \text{ Ton-m}^2$$

$$P_{cr} = 603,09 \text{ Ton}$$

$$\delta = 1,12$$

$$M_{dy} = \delta * \mu = 1,12 * 7\,671,01 = 8\,438,11 \text{ Kg} - \text{m}$$

Acero longitudinal por el método BRESLER: este método es una aproximación al perfil de la superficie de la falla, siendo un procedimiento sencillo y que produce resultados satisfactorios.

El método Bresler consiste en aproximar el valor $1/P'u$, a través de un punto del plano, determinado por tres valores: carga axial pura ($P'o$), carga de falla para una excentricidad e_x ($P'ux$) y carga de falla para una excentricidad e_y ($P'uy$).

Límites de acero:

Según ACI, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites $1\% A_g < A_s < 6\% A_g$, en zona sísmica.

$$A_{s\text{mín}} = 0,01 (35*35) = 12,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{máx}} = 0,06 (35*35) = 73,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Armado propuesto: } 8 \text{ varillas } \# 6 = 22,8 \text{ cm}^2$$

Para este método se usan los diagramas de interacción para diseño de columnas. Éstos datos se obtuvieron del programa: JC-Diseño de Concreto, versión 1.0.1, Julio Corado Franco.

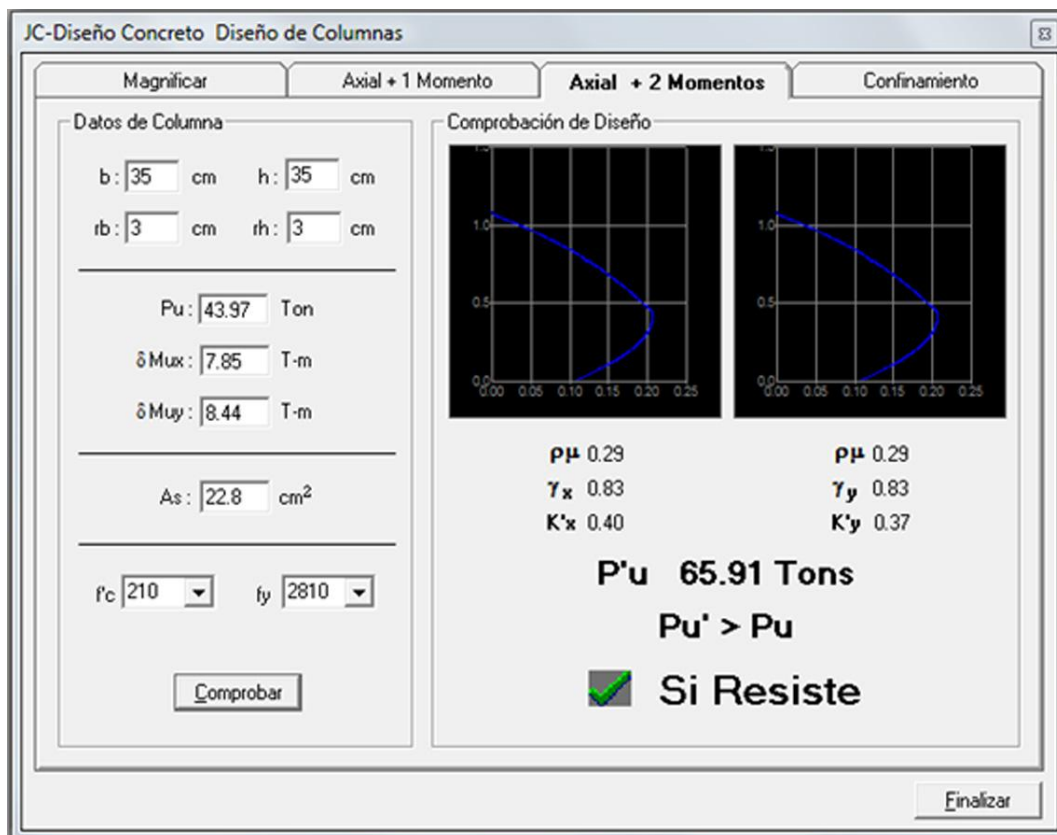
Tabla VI. **Cálculo de área de acero en columna**

Asmín	As propuesto	Asmáx
12,25 cm ²	22,25 cm ²	73,5 cm ²

Fuente: elaboración propia.

De los diagramas de interacción se obtuvieron los siguientes valores:

Figura 36. **Carga resistente, JC-Diseño de Concreto, Julio Corado Franco**



Fuente: Franco, Julio Corado, Programa para el diseño completo de marcos de concreto reforzado, Jc Diseño concreto. Facultad de Ingeniería USAC 1998.

$$k_x=0,40; \quad k_y=0,37$$

Cargas:

Carga resistente de la columna a una excentricidad ex:

$$P'_{ux} = K_x * f'c * b * h = (0,40)(210)(35*35) = 102\,900 \text{ kg}$$

Carga resistente de la columna a una excentricidad ey:

$$P'_{uy} = K_y * f'c * b * h = (0,37)(210)(30*30) = 62\,370 \text{ kg}$$

Carga axial resistente de la columna:

$$P'_o = \phi(0,85 * f'c(A_g - A_s) + A_s * f_y)$$

$$P'_o = 0,70 (0,85*210(1\,225 - 22,8)+22,8*2\,810)$$

$$P'_o = 195\,062,49 \text{ kg}$$

Carga resistente de la columna:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_{ux}} + \frac{1}{P'_{uy}} - \frac{1}{P'_o}}$$

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{102\,900} + \frac{1}{95\,182,5} - \frac{1}{195\,062,49}} = 66\,235,06 \text{ kg}$$

Como $P'_u = 66\,235,06 \text{ kg} > P_u/7 = 62\,809,78 \text{ kg}$, el armado de la columna propuesta es adecuado. Caso contrario sería necesario aumentar el acero por debajo del A_{smax} , en caso de requerir mayor refuerzo que el permitido por A_{smax} será necesario aumentar la sección propuesta.

Cálculo del acero transversal (estribos): además de diseñar las columnas para resistir flexocompresión, es necesario dotarlas con suficiente ductilidad, con el objetivo de que absorban parte de la energía del sismo, esto se logra mediante un mayor confinamiento en los extremos. Se ha determinado que si las columnas se confinan su capacidad de carga es mucho mayor y mejora notablemente la ductilidad de la columna. El procedimiento para proveer refuerzo transversal a las columnas se describe a continuación:

Comparar V_r con V_u con los siguientes criterios:

Si $V_r > V_u$ se colocan estribos a $S = d / 2$

Si $V_r < V_u$ se diseñan los estribos por corte

Se calcula el corte resistente:

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f_c} * b * d = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 35 * 32 = 7\,311,76 \text{ kg}$$

$$V_u = 4\,992,23 \text{ kg} < V_r, \text{ por lo tanto se colocan estribos No. 3 a } S = d/2$$

Se utilizará el espaciamiento máximo:

$$S = d/2 = 32/2 = 16 \text{ cm}$$

Refuerzo por confinamiento; la longitud de confinamiento se escoge entre la mayor de las siguientes opciones:

1. $L_u / 6 = 2,55 / 6 = 0,425 \text{ m}$
2. Lado mayor de la columna = 0,35 m
3. 45 cm

La longitud de confinamiento propuesta es 0,45 m, en ambos extremos.

Cálculo de la relación volumétrica:

$$\rho_s = 0,45((A_g / A_{ch}) - 1)(0,85 * f'_c / f_y)$$

$$\rho_s = 0,45(((35*35) / 841) - 1)(0,85 * 210 / 2810) = 0,013$$

Es necesario chequear que $\rho_s > 0,12f'_c/f_y$

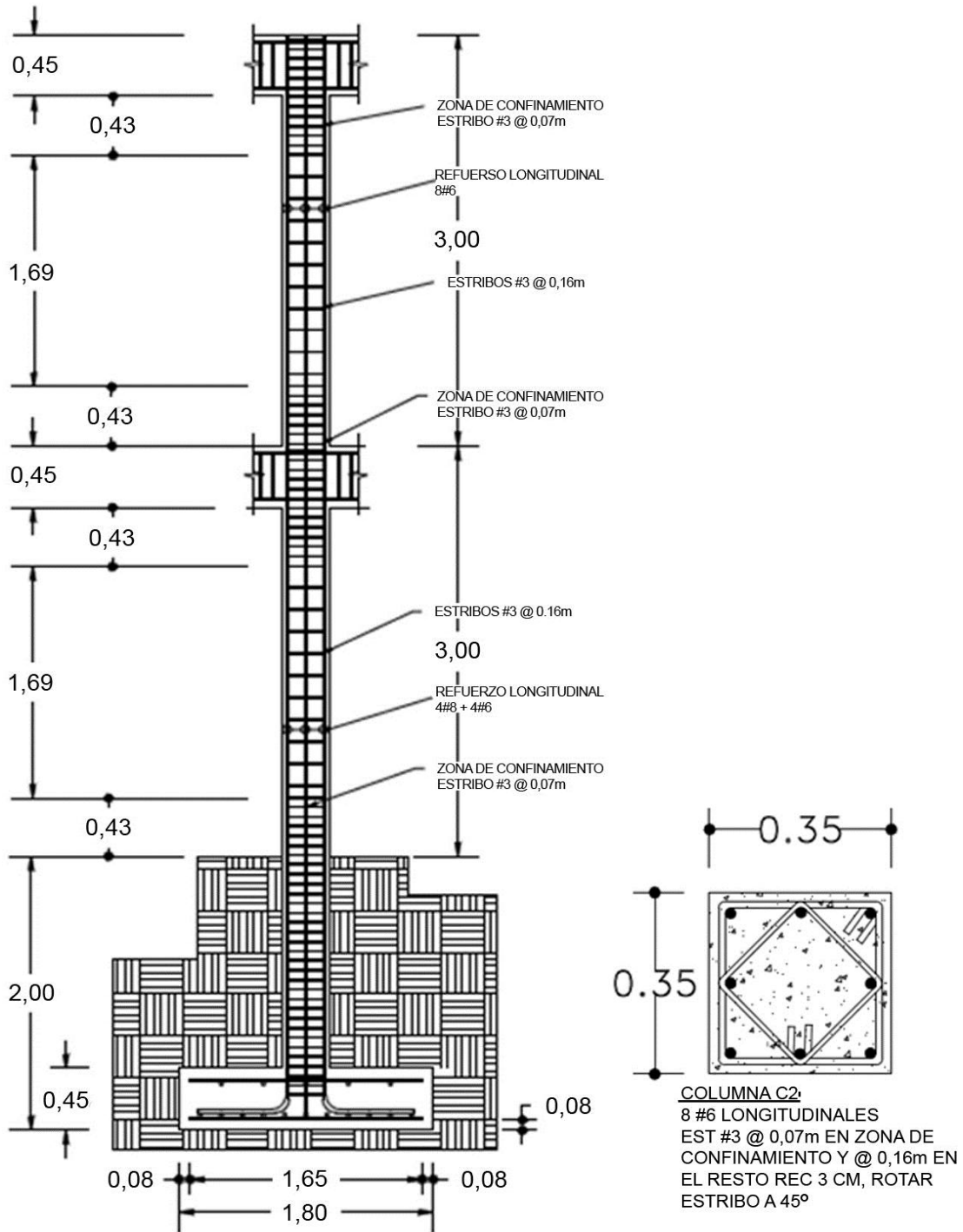
$$\rho_s > 0,12 * 210 / 2810 = 0,0089, \text{ chequea.}$$

Calculando el espaciamiento en función de la cuantía volumétrica, utilizando varillas #3:

$$S = \frac{4 * A_v}{\rho_s * L_n} = \frac{4 * 0,71}{0,013 * 29} = 7,53 \approx 7 \text{ cm}$$

Por lo tanto se colocan estribos # 3 @ 7 cm en la zona de confinamiento. Por tener varillas en las caras de la columna, se colocará estribos rotados a 45°, según ACI. Por tener doble estribo en zona confinada, el espaciamiento se adopta de 7 cm.

Figura 37. **Detalle de columnas**



Fuente: elaboración propia.

Este procedimiento se aplicó a las columnas del segundo nivel. El armado de las columnas es el siguiente: columnas del primer nivel; 4#8 + 4#6 longitudinales, con estribos # 3 @ 7 cm en zona confinada y @ 16 cm en zona no confinada. Columnas del segundo nivel; 8#6 longitudinales, con estribos # 3 @ 7 cm en zona confinada y @ 16 cm en zona no confinada.

2.1.5.4. Zapatas

Son elementos estructurales que reciben las cargas propias y las exteriores, transmitiéndolo al suelo. El tipo de cimentación depende principalmente del tipo de estructura, la naturaleza de las cargas, las condiciones del suelo y su costo. En este caso se diseñan zapatas concéntricas de forma cuadrada. Los datos para diseño son el valor soporte del suelo y los momentos obtenidos en el análisis estructural.

Datos:

$$M_x = 9,81 \text{ ton-m}$$

$$M_y = 6,40 \text{ ton-m}$$

$$P_u = 77,19 \text{ ton}$$

$$\text{Desplante} = 2 \text{ m}$$

$$F_{cu} = 1,55$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2,40 \text{ Ton/m}^3$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_s = 30,83 \text{ Ton/m}^2 \text{ (ensayo compresión triaxial)}$$

Predimensionamiento del área de la zapata:

$$A_z = \frac{1,5 \cdot P't}{V_s} = \frac{1,5 \cdot 49,80}{30,83} = 2,42 \text{ m}^2$$

Se considera una zapata de 1,8 m X 1,8 m, para un área de zapata de 2,42 m², ya que según las características del suelo de la región son regulares, se procede a chequear este valor.

Revisión de presión sobre el suelo; la zapata transmite verticalmente al suelo las cargas aplicadas a ella por medio de la superficie en contacto con éste, ejerce una presión cuyo valor se define por la fórmula:

$$q = \frac{P_{cg}}{A_z} \pm \frac{M_{tx}}{S_x} \pm \frac{M_{ty}}{S_y}, \text{ donde } S = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Se debe tomar en cuenta que q no debe ser negativo, ni mayor que el valor soporte (V_s), para la zapata se tiene:

$$S_x = S_y = \frac{1,8 \cdot 1,8^2}{6} = 0,97 \text{ m}^3$$

$$P_{cg} = P't + P_{columna} + P_{suelo} + P_{cimiento}$$

$$P_{cg} = 49,80 + (0,35 \cdot 0,35 \cdot 3 \cdot 2,4) + (2 \cdot 3,24 \cdot 1,51) + (3,24 \cdot 2,4 \cdot 0,45) = 63,97 \text{ ton}$$

$$q_{max} = \frac{63,97}{3,24} + \frac{6,33}{0,97} + \frac{4,13}{0,97}$$

$$q_{min} = \frac{63,97}{3,24} - \frac{6,33}{0,97} - \frac{4,13}{0,97}$$

$q_{\text{máx}} = 30,50 \text{ Ton/m}^2$ cumple, no excede el V_s

$q_{\text{mín}} = 8,98 \text{ Ton/m}^2$ cumple, > 0 ; no hay presiones negativas

La presión del suelo, en un punto cualquiera de la zapata, es distinta a la presión en otro punto de la misma. Para efectos de diseño se determina una presión constante; aplicando un criterio conservador, se realiza el diseño con la presión máxima, afectada por el factor de carga última.

$$q_u = F_{cu} * q_{\text{max}} = 1,55 * 30,50 = 47,28 \text{ ton/m}^2$$

Espesor de zapata: dimensionada el área se procede a dimensionar el espesor de la zapata, basados en que el recubrimiento del refuerzo no sea menor de 0,075 m, y que el peralte efectivo sea mayor de 0,15 m mas el recubrimiento y el diámetro de la varilla a utilizar. Dicho espesor debe ser tal que resista los esfuerzos de corte y para este caso será de 45 cm.

Peralte efectivo:

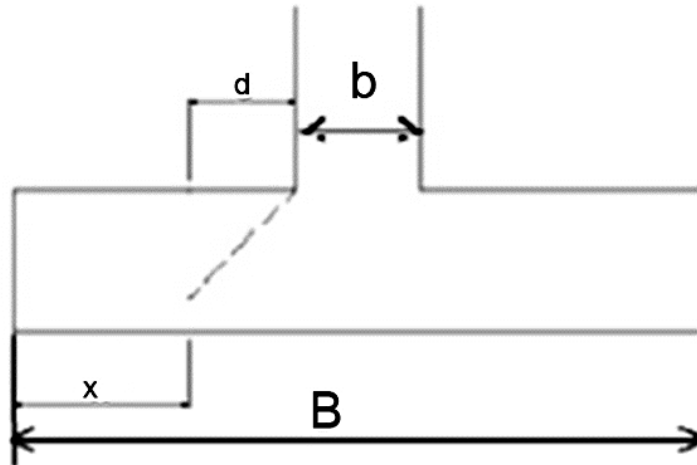
$$d = t - \text{rec.} - \varnothing_{\text{var}}/2 \text{ con un } t \text{ asumido} = 0,45\text{m}$$

$$d = 45 - 7,5 - 1,905/2$$

$$d = 36,55 \text{ cm}$$

Corte simple: la falla de las zapatas por esfuerzo cortante ocurre a una distancia igual a d (peralte efectivo) del borde de la columna, por tal razón se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante.

Figura 38. Corte simple en zapata



Fuente: elaboración propia.

$$x = B/2 - b/2 - d$$

$$x = 1,8/2 - 0,35/2 - 0,3655 = 0,3595 \text{ m}$$

Corte actuante:

$$V_{act} = \text{Área} \cdot q_u = 1,8 \cdot 0,3595 \cdot 47,28 = 30,59 \text{ ton}$$

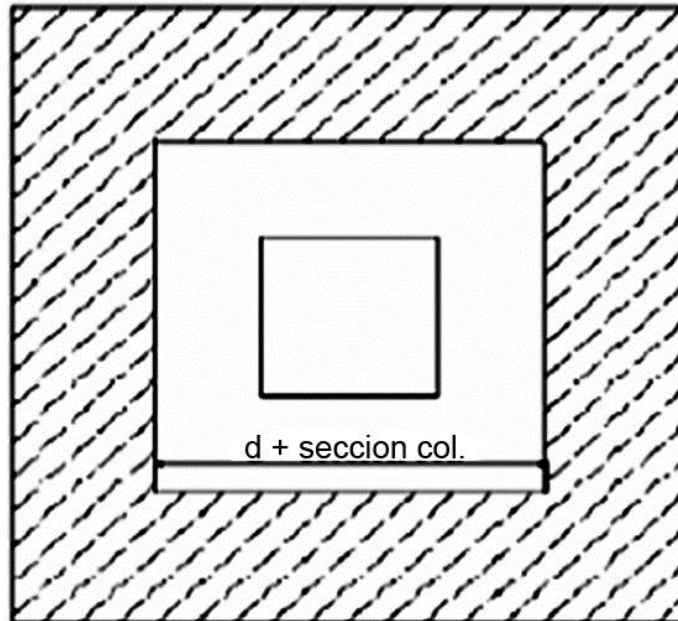
Corte resistente:

$$V_{res} = 0,53 \cdot \Theta \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{f_c} = 0,53 \cdot 0,85 \cdot 180 \cdot 36,55 \cdot \sqrt{210} = 42\,950,11 \text{ kg}$$

$V_{res} > V_{act}$, el espesor resiste el corte simple.

Corte punzonante: la columna tiende a punzonar la zapata, debido a los esfuerzos de corte producidos en el perímetro de la columna; el límite donde ocurre la falla está a una distancia $d/2$, del perímetro de la columna.

Figura 39. Corte punzonante en zapata



Fuente: elaboración propia.

Corte actuante por punzonamiento:

$$d + \text{sección de columna} = 36,55 + 35 = 71,55 \text{ cm}$$

$$V_{\text{act pun}} = \text{Área} \cdot q_u = (1,8 \cdot 1,8 - 0,72 \cdot 0,72) \cdot 47,12$$

$$V_{\text{act pun}} = 128,24 \text{ ton}$$

Corte resistente a punzonamiento:

$$V_{\text{rpun}} = 1,06 \cdot \Theta \cdot b_o \cdot d \cdot \sqrt{f'_c}, \quad b_o = 4(b_{\text{col}} + d).$$

$$b_o = 4 \cdot (35 + 36,55) = 286,2 \text{ cm}$$

$$V_{\text{rpun}} = 1,06 \cdot 0,85 \cdot 286,2 \cdot 36,55 \cdot \sqrt{210} = 136,58 \text{ Ton}$$

$V_{res} > V_{act}$, el espesor resiste el corte punzonante, las dimensiones son adecuadas, se procede al diseño a flexión.

Diseño del refuerzo: la zapata se diseña a flexión. Actúa como una losa en voladizo.

$$M_u = \frac{q_u \cdot L^2}{2} = \frac{47\,280 \cdot \left(\frac{1,8}{2} - \frac{0,35}{2}\right)^2}{2} = 12\,425,78 \text{ kg} - \text{m}$$

El área de acero se calcula con la misma ecuación para el refuerzo de una viga:

$$A_s = \left[(b \cdot d) - \sqrt{(b \cdot d)^2 - \frac{M_u \cdot b}{0,003825 \cdot f_c}} \right] \cdot \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y}$$

$$A_s = \left[(72,5 \cdot 36,55) - \sqrt{(72,5 \cdot 36,55)^2 - \frac{12\,425,78 \cdot 72,5}{0,003825 \cdot 210}} \right] \cdot \frac{0,85 \cdot 210}{2\,810} = 14,03 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 14,1 \cdot b \cdot d / f_y = 14,1 \cdot 72,5 \cdot 36,55 / 2\,810$$

$$A_{smin} = 13,29 \text{ cm}^2. \text{ Por tanto colocar } A_s = 14,03 \text{ cm}^2$$

Separación para A_s con varillas No. 6

$$14,03 \text{ _____ } 72,5 \text{ cm}$$

$$2,85 \text{ _____ } S$$

Aplicando una regla de tres:

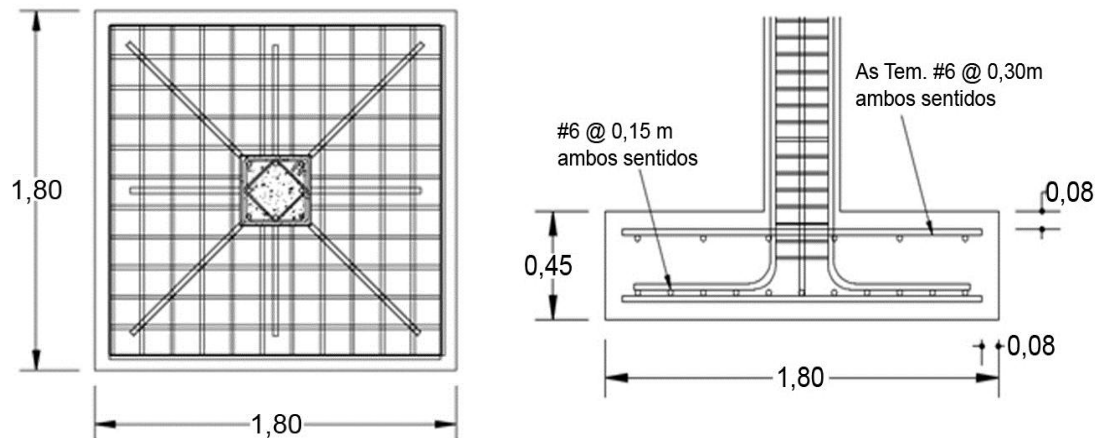
$$S = 2,85 * 72,5 / 14,03 = 14,73 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

Colocar varillas No. 6 @ 15 cm en ambos sentidos de la zapata.

En cama superior se coloca As temperatura.

As temperatura= $0,002 * b * t = 0,002 * 100 * 45 = 9 \text{ cm}^2$, utilizando varillas # 6 el espaciamiento es de 30 cm en ambos sentidos.

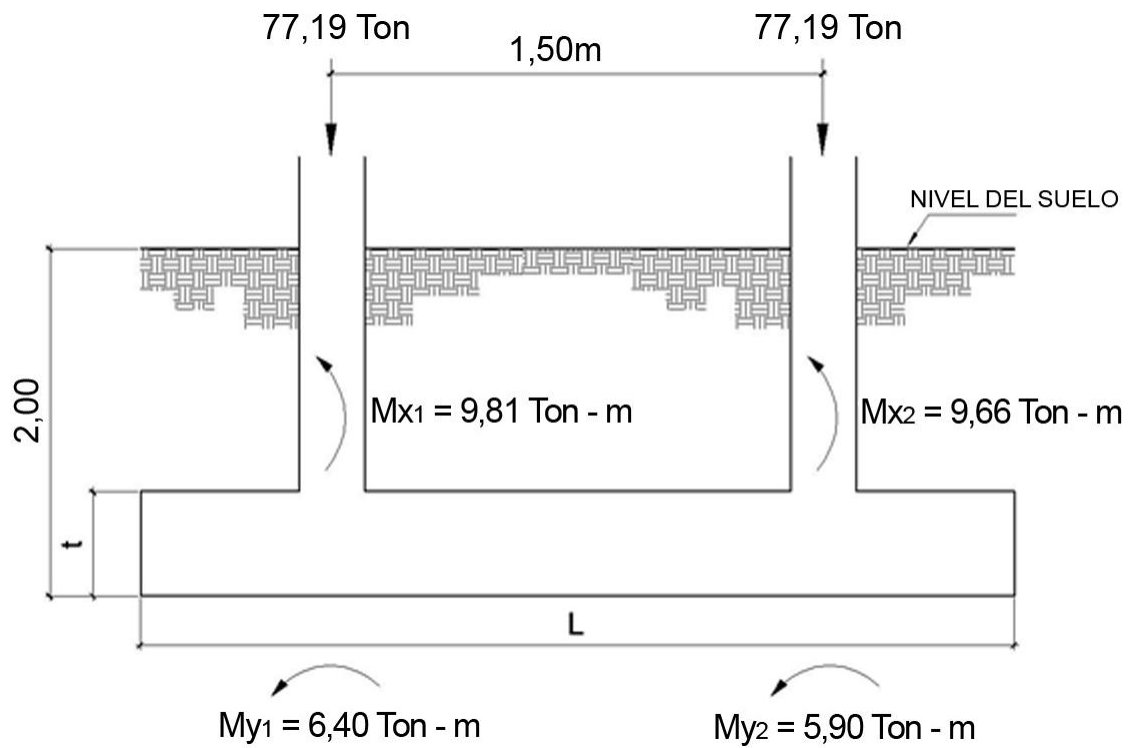
Figura 40. **Detalle de armado de zapata**



Fuente: elaboración propia.

Diseño de zapata combinada: este tipo de zapata se coloca en caso que la distancia entre columnas sea demasiado pequeña y éstas se traslapen.

Figura 41. Fuerzas sobre zapata combinada



Fuente: elaboración propia.

Datos:

$$F_{cu} = 1,55$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2,40 \text{ Ton/m}^3$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1,51 \text{ Ton/m}^3$$

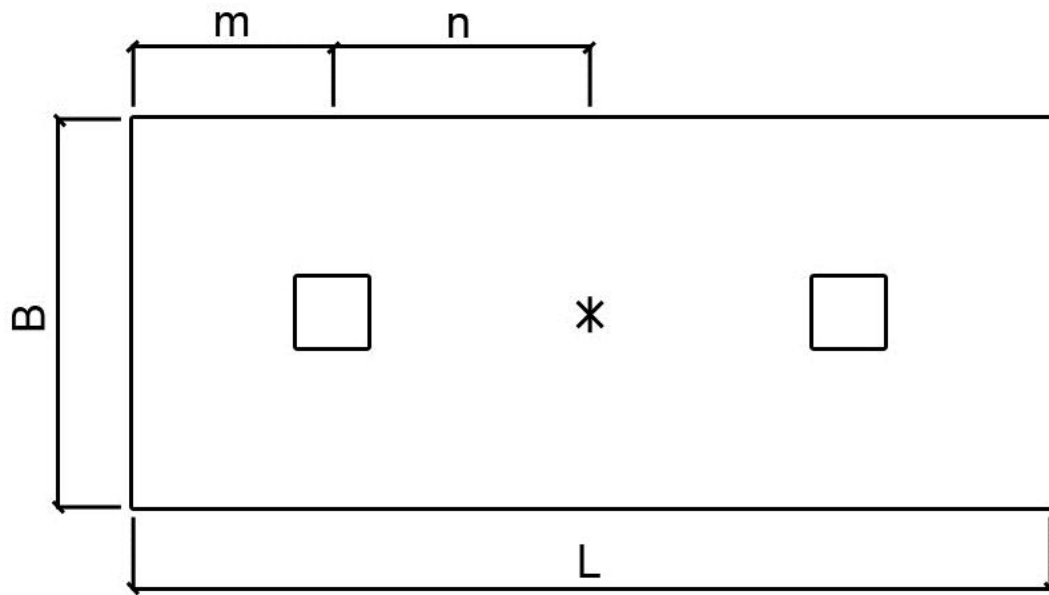
$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_s = 30,83 \text{ Ton/m}^2$$

Haciendo el cimiento rectangular y tomando como base la distancia entre columnas, se tiene que:

Figura 42. **Planta zapatas combinadas**



Fuente: elaboración propia.

$$L = 2(m + n) \quad b = R/(q * L)$$

$$R = P_1 + P_2 \quad q = V_s$$

Cargas de trabajo:

$$P_T = \frac{77,19}{1,55} = 49,8 \text{ Ton}$$

$$M_{dx1} = \frac{9,81}{1,55} = 6,33 \text{ Ton}$$

$$M_{dy1} = \frac{6,40}{1,55} = 4,13 \text{ Ton}$$

$$M_{dx2} = \frac{9,66}{1,55} = 6,23 \text{ Ton}$$

$$M_{dy2} = \frac{5,90}{1,55} = 3,81 \text{ Ton}$$

Se asume $m = 1 \text{ m}$

$$n = 0,75$$

$$L = 2(1+0,75) = 3,5 \text{ m}$$

$$b = (49,8+49,8)/(30,83*3,5) = 0,92 \text{ m}$$

$$A = 0,92*3,5 = 3,22 \text{ m}^2$$

Área de zapata:

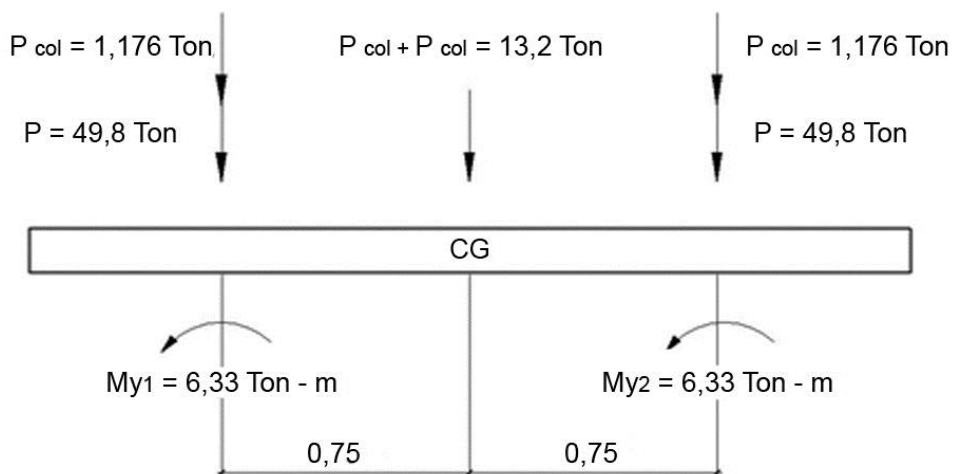
$$P_{col} = (0,35*0,35*2,4*4) = 1,176 \text{ Ton}$$

$$P_{suelo} = (1,51*3,22)*2 = 9,72 \text{ Ton}$$

$$P_{cimiento} = (3,22*2,4*0,45) = 3,48 \text{ Ton}$$

$$P_{cimiento}+P_{suelo} = 9,72+3,48 = 13,2 \text{ Ton}$$

Figura 43. **Cargas equivalentes en el centro geométrico**



Fuente: elaboración propia.

$$P_{cg} = (49,80 \cdot 2) + (2 \cdot 1,176) + 13,2 = 115,15 \text{ Ton}$$

$$M_{cgy} = -3,81 - 4,13 = -7,94 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$M_{cgx} = -6,33 - 6,23 = -12,56 \text{ Ton} - \text{m}$$

Presiones sobre el suelo:

$$q = (P_{CG}/A_z) \pm (M_{CG}/S)$$

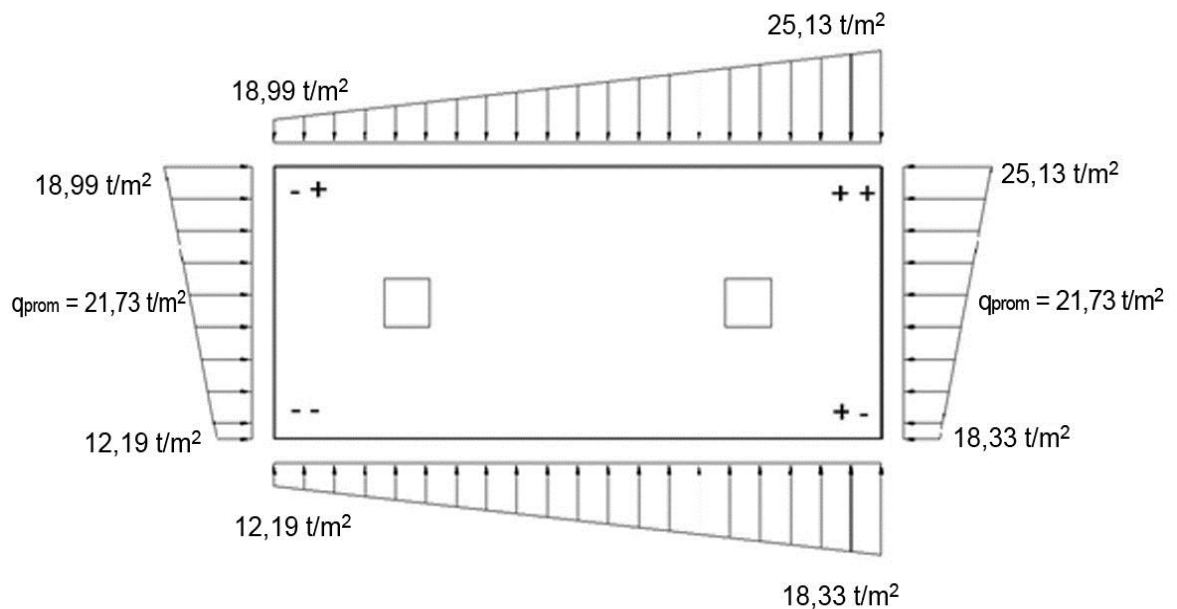
$$S = 1/6 \cdot b \cdot h^2$$

$$q = \frac{115,5}{3,22} \pm \frac{6 \cdot 7,94}{0,92^2 \cdot 3,5} \pm \frac{6 \cdot 12,56}{0,92 \cdot 3,5^2}$$

$$q_{\max} = 35,76 + 16,08 + 6,69 = 58,53 \text{ Ton/m}^2 > V_s, \text{ no cumple}$$

$$q_{\min} = 35,76 - 16,08 - 6,69 = 12,99 \text{ Ton/m}^2 > 0, \text{ si cumple}$$

Figura 44. Presiones sobre el suelo



Fuente: elaboración propia.

$q_{M\acute{a}x}$ es mayor que V_s , se debe aumentar el \u00e1rea de la zapata.

$$\text{Area propuesta} = 2\text{m} \cdot 3,5\text{m} = 7 \text{ m}^2$$

$$q_{\text{max}} = 25,13 \text{ Ton/m}^2 < V_s, \text{ si cumple}$$

$$q_{\text{min}} = 12,19 \text{ Ton/m}^2 > 0, \text{ si cumple}$$

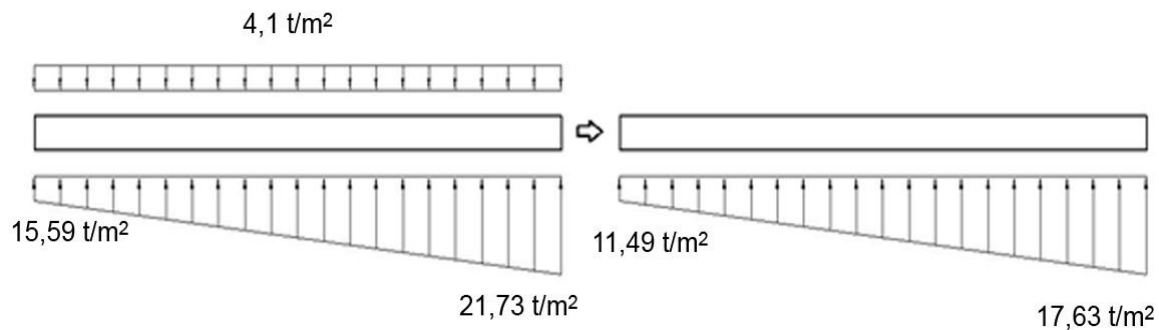
Las presiones del suelo y cimiento son:

$$q_s = \text{Desp} \cdot \gamma_{\text{suelo}} = 2 \cdot 1,51 = 3,02 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\text{cim}} = t \cdot \gamma_{\text{concreto}} = 0,45 \cdot 2,4 = 1,08 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\text{cim}} + q_s = 1,08 + 3,02 = 4,1 \text{ Ton/m}^2$$

Figura 45. Presiones sobre el cimiento



Fuente: elaboraci\u00f3n propia.

Las presiones \u00faltimas de dise\u00f1o ser\u00e1n: $q_{\text{disu}} = F_{\text{cu}} \cdot q$, las presiones \u00faltimas por metro lineal se obtienen de $W = b \cdot q_{\text{disu}}$, para, b = ancho de cimiento, $b = 2 \text{ m}$.

$$P_u = F_{cu} * q_{dis}, \quad \text{para } q = 11,49 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow q_{dis} = 1,55 * 11,49 = 17,81 \text{ Ton/m}^2$$

$$\text{para } q = 17,63 \text{ Ton/m}^2 \rightarrow q_{dis} = 1,55 * 17,63 = 27,33 \text{ Ton/m}^2$$

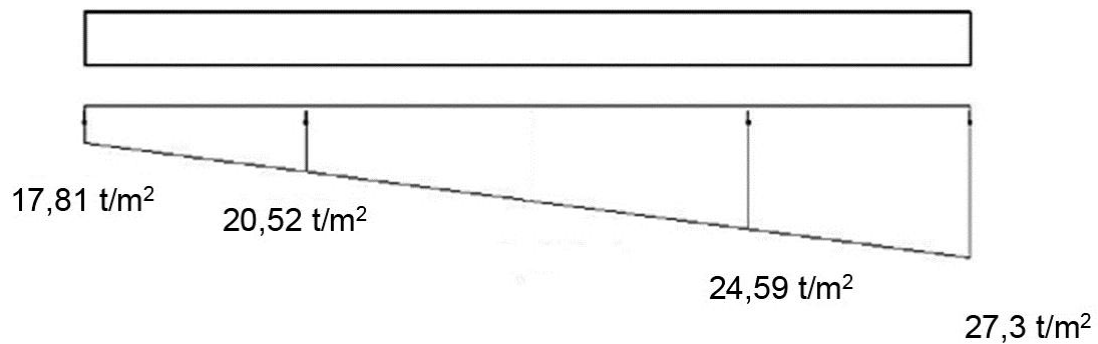
Se encuentra una expresión para cualquier distancia x, una presión dada por la relación de triángulos.

$$\frac{3,5}{(27,3-17,81)} = \frac{x}{q_{d(x)}-17,81}, \quad q_{d(x)} = 17,81+2,71x$$

$$\text{Para } x = 1 \text{ m}, \quad q_{d(1)} = 20,52 \text{ Ton/m}^2$$

$$\text{Para } x = 2,5 \text{ m}, \quad q_{d(2,5)} = 24,59 \text{ Ton/m}^2$$

Figura 46. Presión última bajo el cimiento



Fuente: elaboración propia.

Las presiones últimas por metro lineal se obtienen de $W = b * q_{disu}$

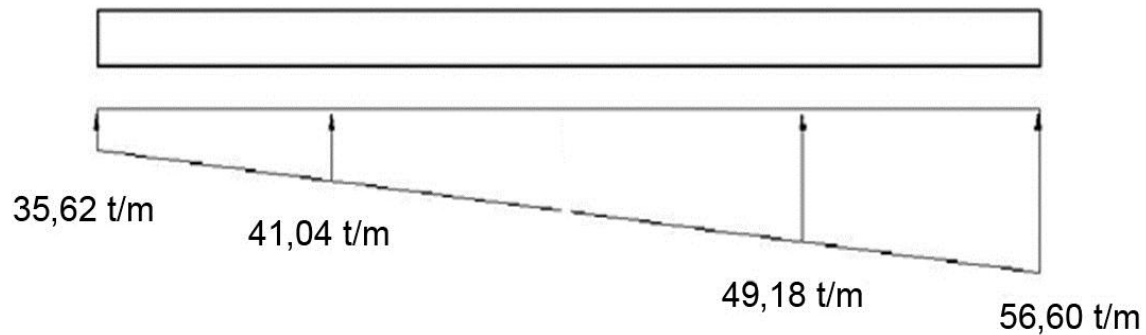
$$\text{Para } q_{disu} = 17,81 \text{ Ton/m}^2 \quad \text{tenemos } W = 2 * 17,81 = 35,62 \text{ Ton/m}^2$$

$$\text{Para } q_{disu} = 20,52 \text{ Ton/m}^2 \quad \text{tenemos } W = 2 * 20,52 = 41,04 \text{ Ton/m}^2$$

$$\text{Para } q_{disu} = 24,59 \text{ Ton/m}^2 \quad \text{tenemos } W = 2 * 24,59 = 49,18 \text{ Ton/m}^2$$

$$\text{Para } q_{disu} = 27,30 \text{ Ton/m}^2 \quad \text{tenemos } W = 2 * 27,30 = 54,60 \text{ Ton/m}^2$$

Figura 47. Presiones últimas por metro lineal



Fuente: elaboración propia.

Encontrando una expresión por relación de triángulos para cualquier distancia x una presión última por metro lineal, se obtiene lo siguiente.

$$W_{(x)} = 35,62 + 5,42x$$

Si se encuentra W para cuando $x_{cg} = 1,75$ se tiene:

$$W_{cg} = 35,62 + 5,42(1,75) = 45,11 \text{ ton/m}$$

Diagramas de corte y momento:

$$V_{ab} = \frac{(35,62 + 41,04) \cdot (1)}{2} = 38,33 \text{ Ton}$$

$$V_b = V_{ab} - 77,19 = 38,33 - 77,19 = -38,86 \text{ Ton}$$

$$V_{bc} = V_b + 41,04y + \frac{5,42y^2}{2}, \quad \text{cuando } V_{bc} = 0 \text{ entonces } y = 0,89$$

El valor de la presión última por metro lineal cuando:

$$V_{bc} = 0 \text{ y } y = 0,89$$

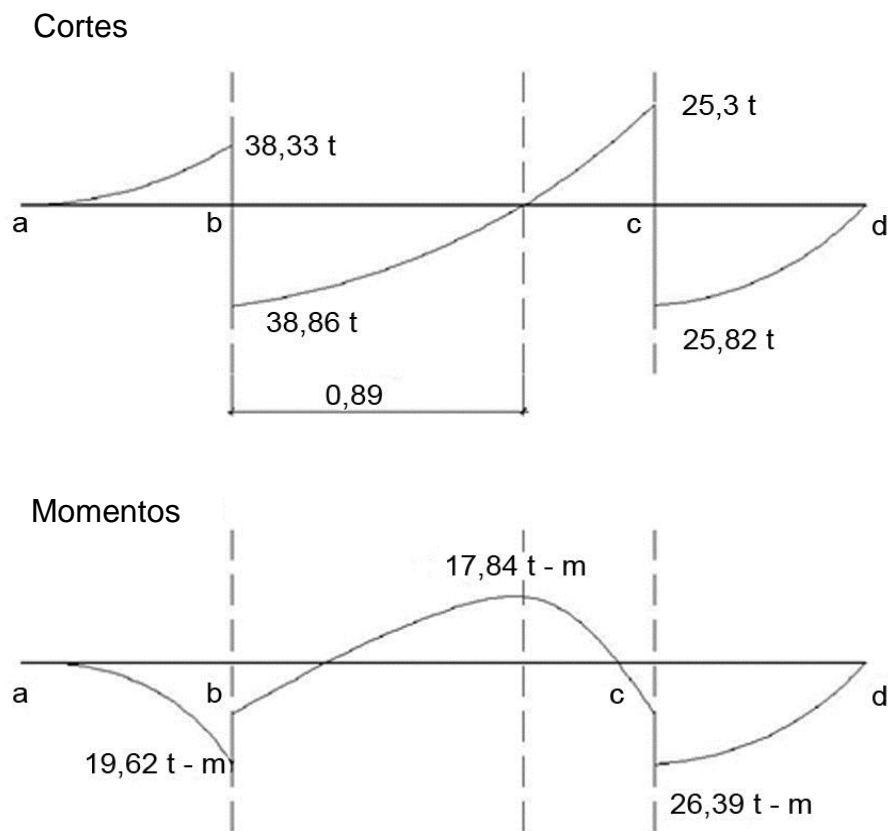
$$W_{(x)} = 35,62 + 5,42x, \quad x = 1 + 0,89 = 1,89 \text{ m}$$

$$W = 35,62 + 5,42 \cdot (1,89) = 45,86 \text{ Ton/m}$$

$$V_{cd} = \frac{(49,18 + 54,62) \cdot (1)}{2} = 51,89 \text{ Ton}$$

$$V_c = 77,19 - V_{cd} = 77,19 - 51,89 = 25,3 \text{ Ton}$$

Figura 48. **Diagramas de corte y momento**



Fuente: elaboración propia.

$$M_{ab} = \frac{(35,62 \cdot 1^2)}{2} + \frac{(5,42 \cdot 1^2)}{3} = 19,62 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$M_{\max} = 4,13 + \frac{(41,04 \cdot 0,89^2)}{2} + \frac{(4,82 \cdot 0,89^2)}{2} \cdot \frac{1}{3} - 38,56 \cdot 0,89 = -17,84 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$M_{cd} = \frac{(49,18 \cdot 1^2)}{2} + \frac{(5,42 \cdot 1^2)}{2} \cdot \frac{2}{3} = 26,39 \text{ Ton} - \text{m}$$

Diseño estructural del cimiento:

Chequeo por corte simple:

Asumiendo $t = 0,45 \text{ m}$ y \emptyset No. 6

$$d = 45 - 7,5 - (1,97/2) = 36,5 \text{ cm}$$

$$V_r = \emptyset \cdot 0,53 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d, \text{ siendo } b = 2$$

$V_r = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{210} \cdot 200 \cdot 36,55 = 47,72 \text{ Ton} > V$ a una distancia "d" del rostro de la columna como se muestra en el diagrama de corte, por consiguiente si resiste el corte.

Chequeo por corte punzonate:

$$d = 36,55 \text{ cm, entonces } 30 + d = 66,55 \text{ cm}$$

$$V_r = 0,85 \cdot 1,06 \cdot \sqrt{210} \cdot 4 \cdot (66,55) \cdot 36,55 = 127,04 \text{ Ton}$$

Cálculo del corte punzonante actuante:

$$V_{pz} = P_{u1} - q_d \cdot A_{pz} = 77,19 - (24,59 \cdot 0,6655^2) = 66,30 \text{ Ton}$$

$$V_{pz} < V_r \Rightarrow \text{si resiste el punzonamiento}$$

Chequeo por flexión:

Refuerzo mínimo;

$$A_{S_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} bd = \frac{14,1}{2810} (100)(36,5) = 18,31 \text{ cm}^2$$

Refuerzo mínimo en el ancho de 2 m;

$$A_{S_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} bd = \frac{14,1}{2810} (200)(36,5) = 36,63 \text{ cm}^2$$

Momento que resiste:

$$M_{A_{S_{\min}}} = \phi \left[A_s * f_y \left(d - \frac{A_s f_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]$$

$$M_{A_{S_{\min}}} = 0,9 \left[2810 * 36,63 \left(36,63 - \frac{36,63 * 2810}{1,7 * 210 * 200} \right) \right] = 32.40 \text{ Ton - m} > M_{\max}, \text{ si resiste}$$

$$S = \frac{(2,85 \text{ cm}^2)(200 \text{ cm})}{36,63 \text{ cm}^2} = 15,56 \text{ cm}$$

Se utilizarán varillas No. 6 @ 0,15 m

Acero por temperatura:

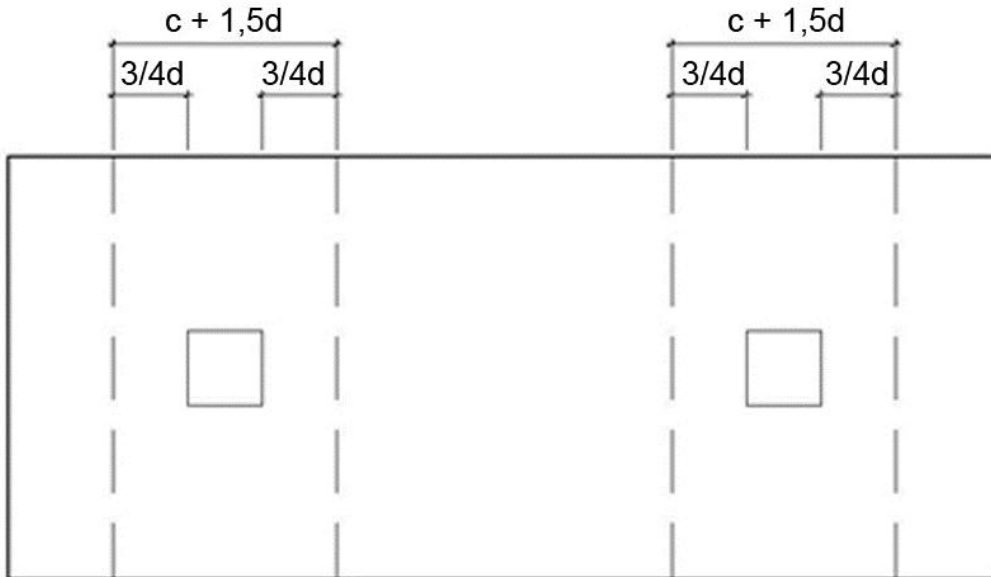
$$A_{\text{stem}} = 0,002 * b * t = 0,002 * 350 * 45 = 31,5 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{1,97 * 350}{31,5} = 21,8 \approx 21 \text{ cm}$$

Se utilizarán varillas No. 5 @ 0.21 m

Vigas transversales:

Figura 49. **Vigas transversales**



Fuente: elaboración propia.

Asumiendo un ancho de viga de $(c + 1,5d)$, se chequeará bajo la columna crítica 1 y considerando que la viga será igual para las dos columnas.

$$d_{y-y} = d_{x-x} - 1,91/2 = 35,6 \text{ cm}$$

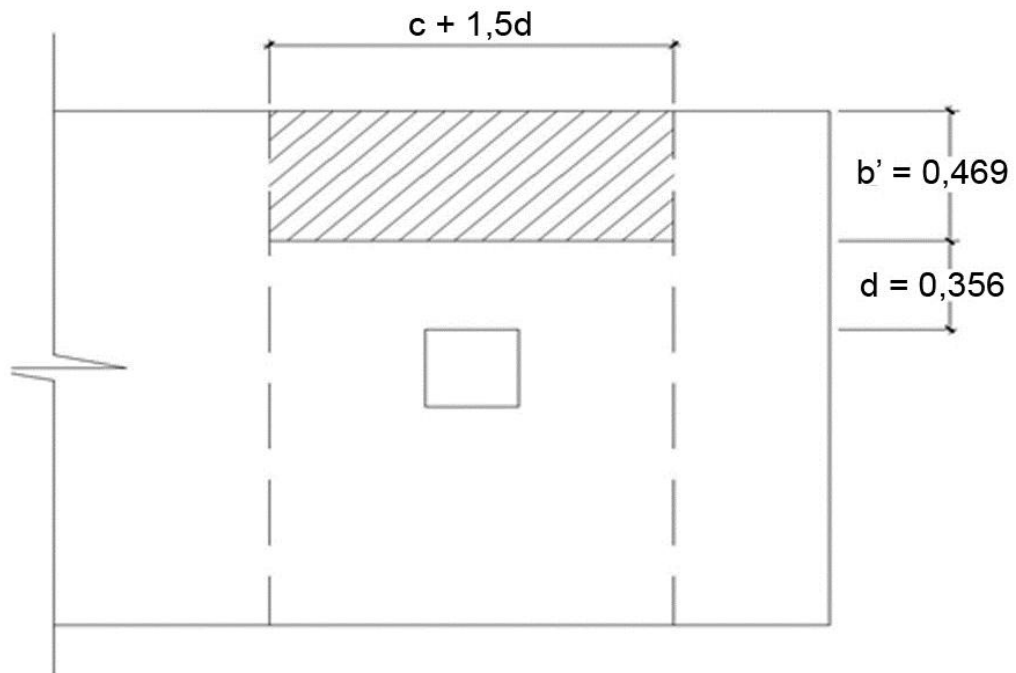
$$\text{entonces, } c+1,5*d = (30+1,5*35,6) = 83,39 \text{ cm}$$

La viga transversal, se diseñará con la presión uniforme, causada por la carga puntual de la columna.

$$q_d = \frac{P_{u1}}{b*(c+1,5*d)} = \frac{77,19}{2*0,8339} = 46,28 \text{ Ton}$$

Chequeo por corte simple:

Figura 50. **Zapata por corte simple**



Fuente: elaboración propia.

$$V_{act} = q_d * b' * (c + 1,5d)$$

$$V_{act} = 46,28 * 0,469 * 0,8339 = 18,10 \text{ Ton}$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 83,39 * 35,6 = 19,38 \text{ Ton} > V_{act}, \text{ si chequea por corte simple}$$

Chequeo por flexión:

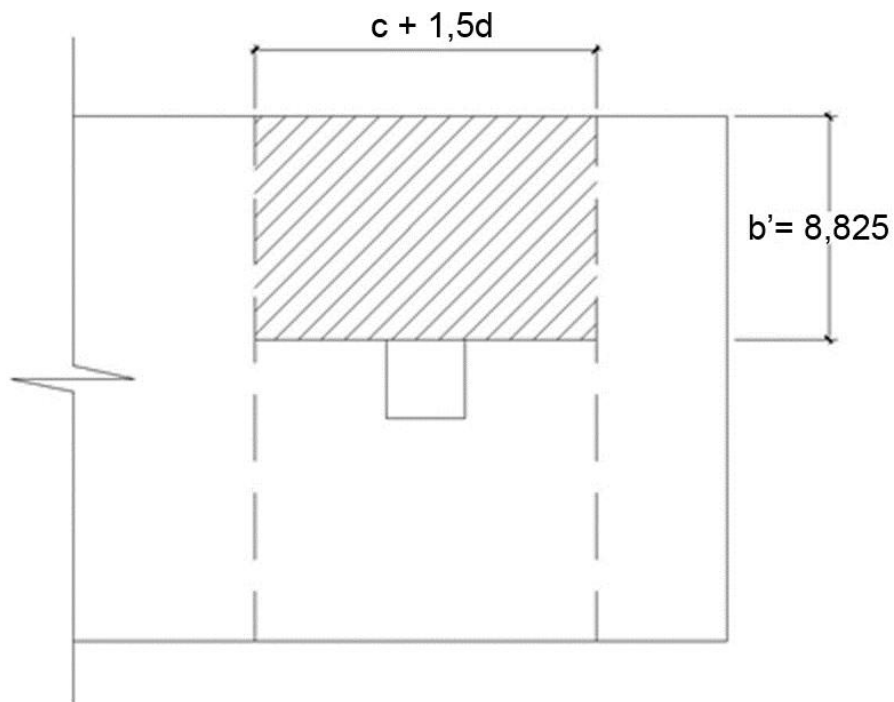
$$M_{act} = \frac{q_d * b'^2}{2} = \frac{46,28 * 0,825^2}{2} = 15,75 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$A_s = 18,39 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{2,85 * 83,39}{18,39} = 12,92 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$$

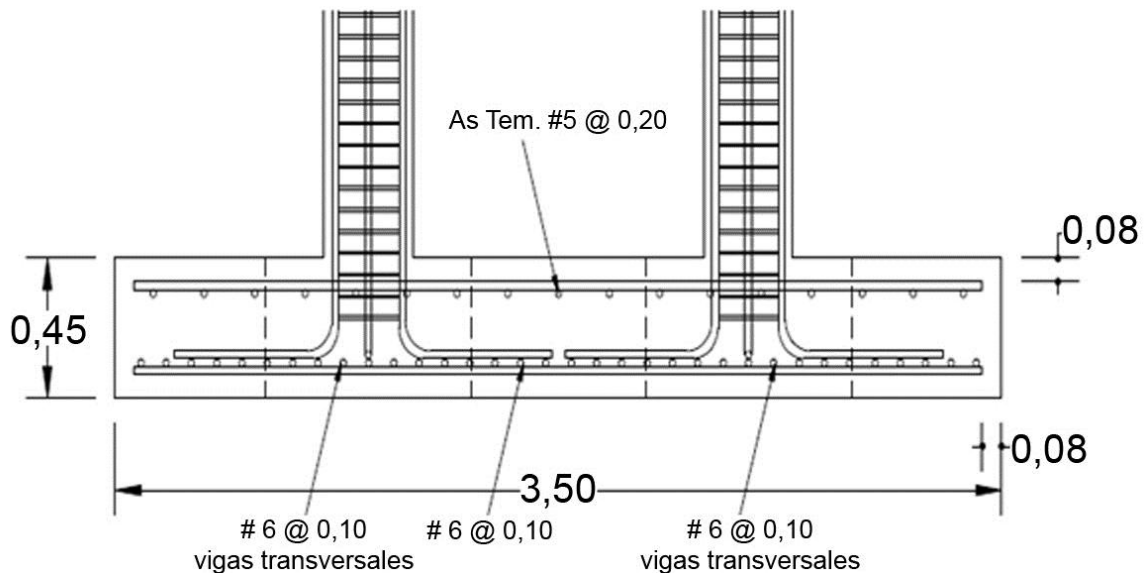
Entonces, colocar No. 6 @ 0,12 m

Figura 51. **Zapata por flexión**



Fuente: elaboración propia.

Figura 52. **Detalle de elevación armado de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia.

2.1.5.5. **Gradas**

El módulo de gradas se diseñó como una estructura independiente de los marcos, esto con el fin de que al momento de que ocurra un sismo; ésta no se vea afectada por las acciones de la estructura completa evitando que colapsen, dando tiempo para que los usuarios del segundo nivel evacuen el edificio; en caso de terremoto.

Una escalera debe ser cómoda y segura dependiendo de la relación de los peldaños, es decir, la relación de huella y contrahuella y si C = contrahuella y H = huella se deben cumplir los siguientes criterios:

$$c < 20 \text{ cm}$$

$$H > c$$

$$2c + H < 64 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$c + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm; } c \times H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$$

Donde: c = contrahuella y H = huella

Cargas de diseño para una escalera:

$$CM = PP \text{ (escalera)} + PP \text{ (acabados); } PP \text{ (escalera)} = Wc = (t + c / 2)$$

Número de escalones mínimo:

$$h/c_{\max} = 3 / 0,17 = 17,65 \approx 18 \text{ escalones}$$

Se tomarán 9 contrahuellas antes del descanso:

$$\text{Número de huellas} = 9 - 1 = 8 \text{ huellas}$$

Chequeo:

$$c = 17 \text{ cm} < 20 \text{ cm; } H = 30 \text{ cm}$$

$$2c + H = 2(17) + 30 = 64 \leq 64 \text{ cm; } c + H = 17 + 30 = 47 \text{ cm}$$

$$c \times H = 17 * 30 = 510 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se tienen 9 contrahuellas de 17 cm y 8 huellas de 30 cm.

Espesor de la losa:

$$t = L / 24 = (2,83 / 24) = 0,117 \text{ m} \approx 0,12 \text{ m}$$

Integración de cargas:

$$\text{Peso propio de la escalera} = \gamma_c * (t + c / 2)$$

$$\text{Peso propio de la escalera} = 2\,400 (0,12 + 0,17 / 2) = 492 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Acabados} = 80,00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga muerta total} = 572 \text{ kg/m}^2$$

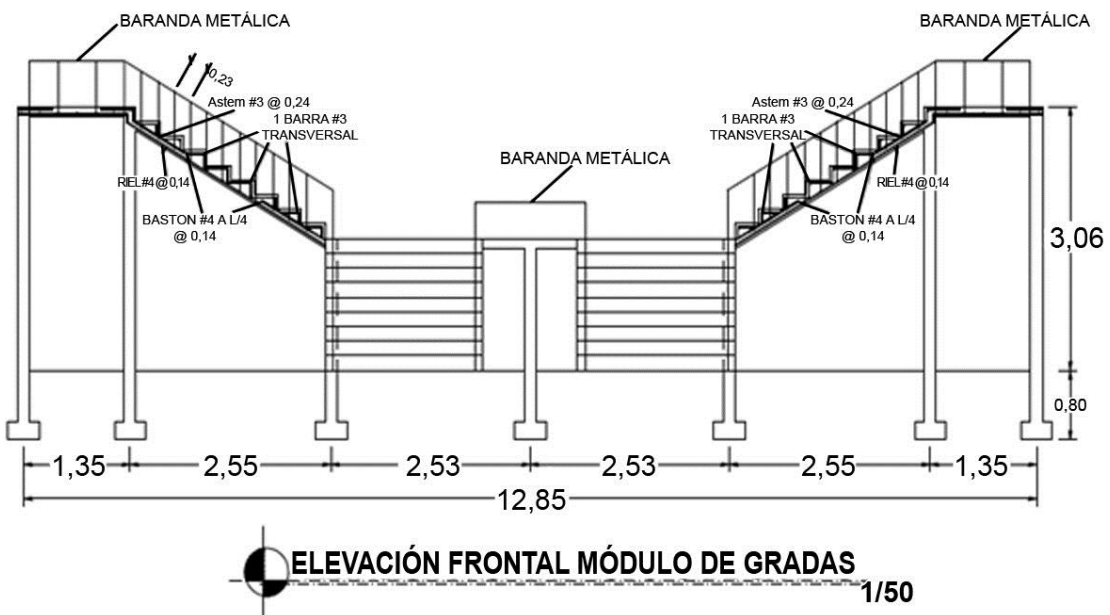
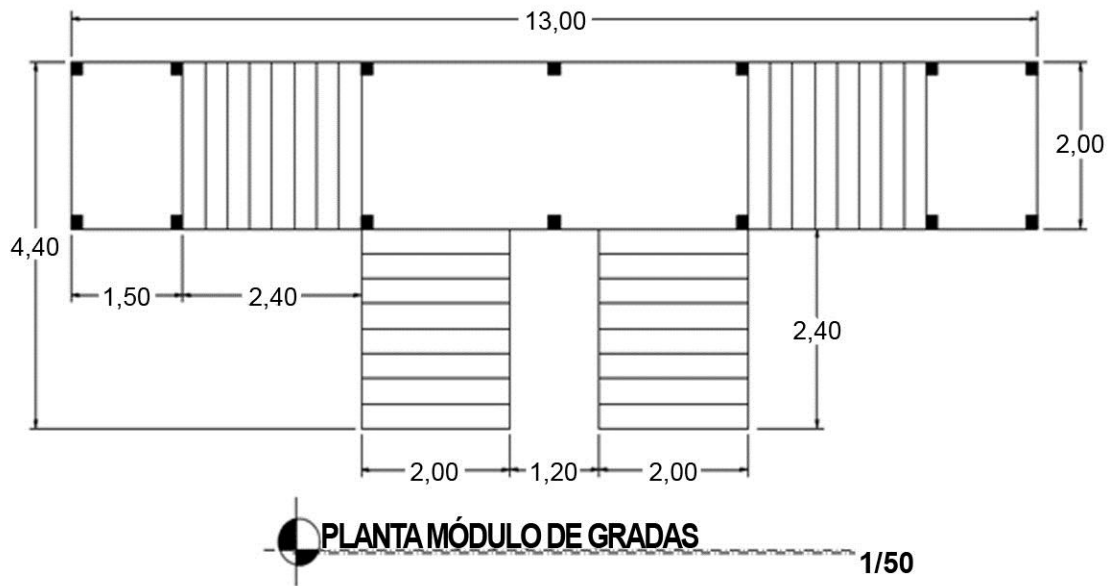
$$\text{Carga viva} = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$C_u = 1,4C_M + 1,7C_V = 1,40 (572) + 1,7 (500) = 1\,650,8 \text{ kg/m}^2$$

Tomando en cuenta que la longitud de la losa es inclinada se calcula la longitud:

$$\text{Longitud de losa} = \sqrt{2,4^2 + 1,5^2} = 2,83 \text{ m}$$

Figura 53. Planta-elevación módulo de gradas



Fuente: elaboración propia.

Cálculo de los momentos actuantes en la losa:

Se considera el diseño de una losa unidireccional apoyada en los muros, por lo tanto:

$$M(+)=\frac{W*L^2}{9}=\frac{1\,650,8*3^2}{9}=1\,650,8\text{ kg}-\text{m}$$

$$M(-)=\frac{W*L^2}{14}=\frac{1\,650,8*3^2}{14}=1\,061,23\text{ kg}-\text{m}$$

Acero mínimo:

$$A_{s\text{mín}}=p_{\text{mín}}*b*d$$

$$p_{\text{mín}}=14,1/f_y$$

$$b=\text{franja unitaria}=100\text{ cm}$$

$$t=\text{espesor de la losa}=0,12\text{ m}$$

$$d=\text{peralte efectivo}$$

$$d=t-\text{rec min}-\varnothing/2=12-3-1,27/2=8,36\text{ cm}$$

$$A_{s\text{mín}}=(14,1/2\,810)*100*8,36=4,19\text{ cm}^2$$

$$A_s=\left[(b*d)-\sqrt{(b*d)^2-\frac{M*b}{0,003825*f_c}}\right]\left(\frac{0,85*f_c}{f_y}\right)$$

$$A_{sM(-)}=\left[(100*8,36)-\sqrt{(100*8,36)^2-\frac{1\,061,23*100}{0,003825*210}}\right]\left(\frac{0,85*210}{2\,810}\right)=5,28\text{ cm}^2$$

Separación para As con varillas No. 4

5,28 cm² ----- 100 cm

1,27 cm² ----- S

Aplicando una regla de tres:

$$S = 1,27 * 100 / 5,28$$

$$S = 24,05 \text{ cm} \approx 24 \text{ cm}$$

$$As_{M(+)} = \left[(100 * 8,36) - \sqrt{(100 * 8,36)^2 - \frac{1\ 650,8 * 100}{0,003825 * 210}} \right] \left(\frac{0,85 * 210}{2\ 810} \right) = 8,49 \text{ cm}^2$$

Separación para As con varillas No. 4

8,49 cm² ----- 100 cm

1,27 cm² ----- S

Aplicando una regla de tres:

$$S = 1,27 * 100 / 8,49$$

$$S = 14,96 \text{ cm} \approx 14 \text{ cm}$$

$$\text{Acero por temperatura} = As = 0,002 * b * t = 0,002 (100) * (12) = 2,40 \text{ cm}^2$$

$$S_{\text{máx}} = 2 * t = 2 * 12 = 24 \text{ cm}$$

Separación para Astem = 2,4 cm² con varilla No. 3

2,4 cm² ----- 100 cm

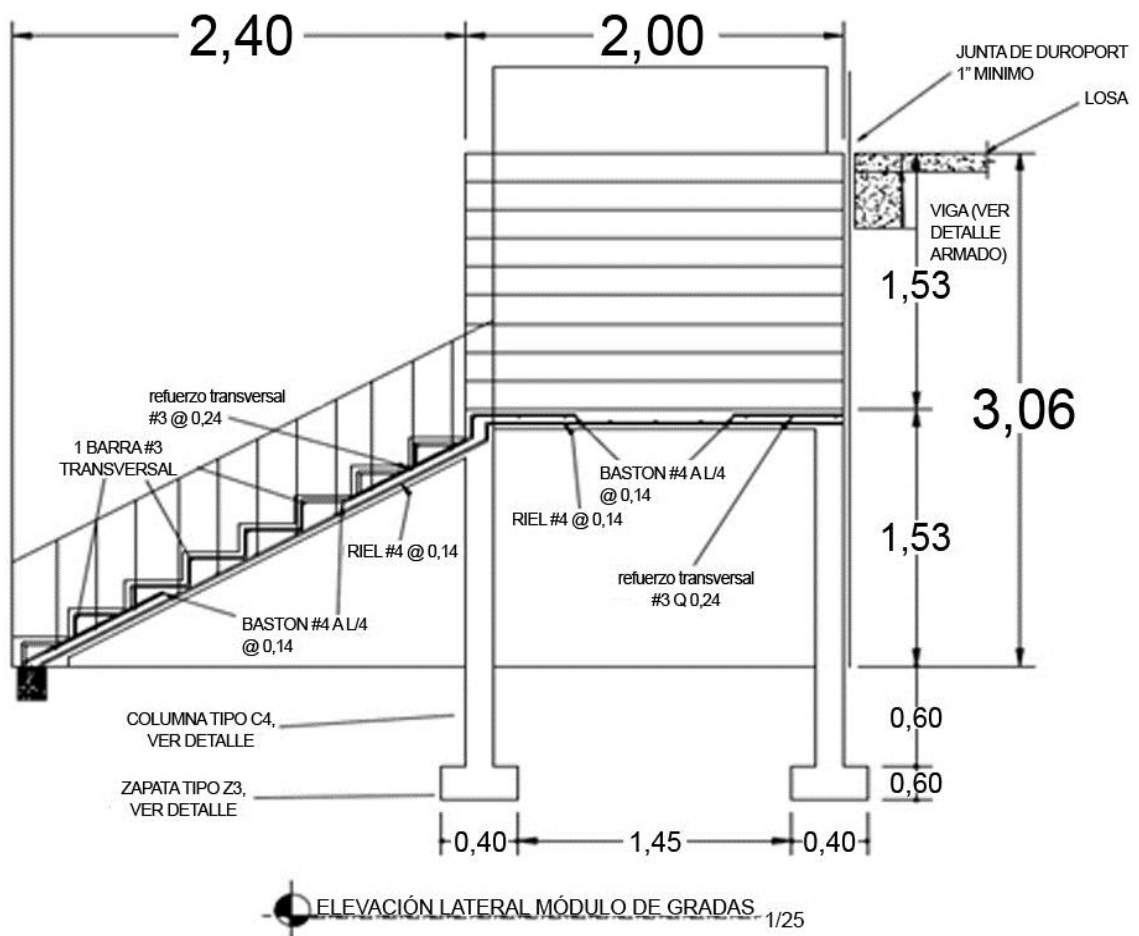
0,71 cm² ----- S

Aplicando una regla de tres:

$$S = 0,71 * 100 / 2,4$$

$S = 29,58 \text{ cm} > S_{\text{max}}$; entonces utilizar $S_{\text{max}} = 24 \text{ cm}$

Figura 54. Sección transversal módulo de gradas



Fuente: elaboración propia.

2.1.6. Instalaciones eléctricas

La instalación eléctrica para iluminación cuenta con un circuito para cada local, cada circuito tiene un máximo de tres unidades (lámparas 20 x 40W tipo industrial). La instalación eléctrica de fuerza, cuenta con un circuito para cada local, con un máximo de tres unidades por circuito (tomacorrientes doble con placa metálica).

Todos los circuitos son iguales para cada local y cada nivel. El calibre del alambre utilizado en el diseño es 12, el cual tiene una capacidad para 20 amperios, cada circuito está protegido por un flipon de 20 amperios.

Datos:

3 lámparas de 20X40 watts

Voltaje = 120 v

Factor de seguridad = 0,95

$\sum cu = 57 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$

$$I = \frac{300 \text{ watts}}{(0,95)*(120 \text{ v})} = 2,63 \text{ A}$$

Calculo del área del alambre:

$$A = \frac{2LI}{(\sum cu)*(e)} = \frac{(2)*(5,95 \text{ m})*(2,63 \text{ A})}{(57 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2)*(3,6)} = 0,15 \text{ mm}^2$$

$$A = \pi*r^2 \quad \rightarrow r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,15}{\pi}} = 0,22 \text{ mm}$$

Por lo tanto el radio es de 0,22 mm, para instalaciones eléctricas el mínimo recomendado es calibre 12, el cual tiene un área transversal mayor a la requerida, por lo tanto si es factible.

2.1.7. Instalaciones hidráulicas

Agua potable: todo el sistema de agua potable será por medio de un circuito cerrado. La red principal debe estar por lo menos a 0,30 m por debajo del nivel de piso, además se debe colocar sus respectivas llaves de paso, de globo y su contador.

Para alimentar todos los accesorios, se diseñó un solo circuito, basado en el método de Hunter, donde se deben tomar en cuenta los pesos o demandas de agua de los artefactos a ser usados en el proyecto, los cuales son 20 inodoros y 20 lavamanos. Para encontrar el caudal necesario y con este el diámetro del ramal de alimentación. El cálculo se realiza de la siguiente forma:

$$Q = 0,30 * \sqrt{\sum P}$$

Tabla VII. **Peso de accesorios para método de Hunter**

PIEZA O ACCESORIO	Peso
Inodoro con caja de descarga	0,30
Lavado (lavamanos)	0,50
Llave de chorro	1,00

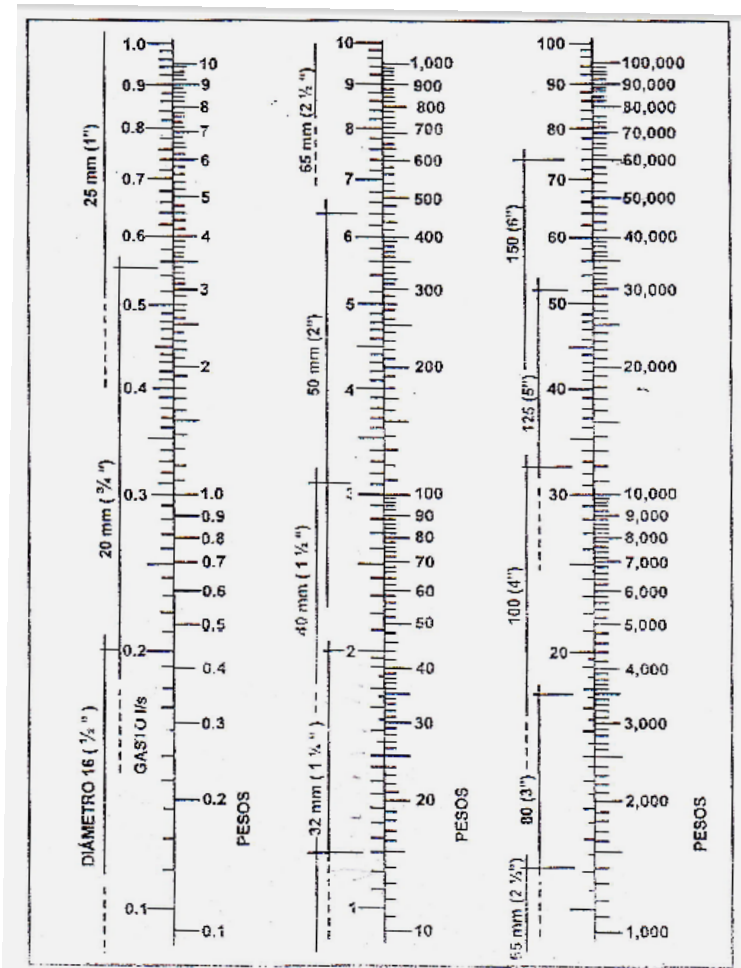
Fuente: Harper, Gilberto Enríquez. Calculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. Tabla 6, p. 126.

$$Q = 0,30 * \sqrt{\sum [(20 * 0,30) + (20 * 0,50)]}$$

$$Q = 1,2 \text{ lts/s}$$

Con el dato del caudal necesario para abastecer los accesorios, procedemos a buscar el dato en el ábaco que se presenta en la siguiente figura.

Figura 55. **Ábaco para el cálculo de tuberías de agua fría**



Fuente: Harper, Gilberto Enríquez. Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. Ábaco 1, p. 128.

Ya que se ha localizado el caudal (gasto), en la parte izquierda de la segunda columna, se indica que el ramal de alimentación debe ser de 1", de diámetro. Para los sub-ramales que alimentan los accesorios deberá ser la tubería de 1/2" de diámetro como mínimo, esto según la siguiente tabla.

Tabla VIII. **Diámetros mínimos de tubos para sub-ramales**

ACCESORIO DE USO	DIAMETRO (plg.)
Inodoro con caja sanitaria	1/2"
Lavamanos	1/2"
Llave de chorro	1/2"

Fuente: Harper, Gilberto Enríquez. Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. Tabla 9, p. 138.

Drenaje sanitario: el edificio está conformado con baños y lavamanos, situados en el primer nivel, así como también en el segundo nivel. Se ubicarán 20 artefactos en cada nivel.

El volumen de aguas negras para edificios comerciales sin cafeterías, gimnasio o regaderas es de 60 litros/persona/día, y para evacuar dicho volumen se deben colocar tuberías con una pendiente mínima del 1% y con diámetro mínimo, el cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla IX. **Unidades de Hunter de contribución de los aparatos sanitarios y diámetro nominal de los ramales de descarga**

APARATOS	UNIDADES	DIAMETRO NOMINAL
Inodoro	6	4"
Lavamanos	2	1 ½"

Fuente: Harper, Gilberto Enríquez. Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. p. 233.

Las tuberías que recibirán los afluentes de los ramales de descarga reciben el nombre de ramal de drenaje y los diámetros se obtienen de la siguiente tabla según las unidades de Hunter que lleguen a él.

Tabla X. **Dimensiones de ramales de drenajes**

DIAMETRO NOMINAL	MÁXIMO DE UNIDADES
1"	1
1 ½"	3
2"	6
3"	20
4"	160
6"	620

Fuente: Harper, Gilberto Enríquez. Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. p. 241.

Por lo que se utilizará tubería de 4" para el primer nivel ya que recibiría un total de 160 unidades; y para el segundo nivel de 4" ya que recibe un total de 80 unidades, este mismo diámetro utilizaremos para la bajada de aguas negras de dicho nivel.

Drenaje pluvial: para este proyecto se distribuirá la losa en cinco áreas de 32,5 m² cada una, desnivel del 1,5% para conducir el agua hacia las bajadas de agua. Para el diseño de las bajadas de agua pluvial, se debe considerar la intensidad de lluvia de la zona y tomar en cuenta que alcanza su nivel máximo durante los primero doce minutos.

Determinación del diámetro de la tubería:

Datos:

Pendiente = 1,5%

Área tributaria = 32,5 m² = 0,00325 hectáreas

Tiempo para tramo inicial t = 12 minutos

PVC = 3 pulgadas

Coeficiente de rugosidad de PVC n = 0,010

Coeficiente para escorrentía para superficie de concreto C = 0,90

Intensidad de lluvia para la región de Puerto Barrios en 10 años

$$I = \frac{13630}{(t+31)^n}$$

Encontrando intensidad:

$$I = \frac{13630}{(12+31)^{1,1}} = 217,61 \text{ mm/h}$$

Caudal de diseño:

$$q_{di} = \frac{0,90 \cdot 217,61 \cdot 0,00325}{360} = 0,001768 \text{ m}^3/\text{s} = 1,768 \text{ l/s}$$

Encontrando la velocidad de flujo de sección llena:

$$V = \frac{0,03429 \cdot D^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n} = \frac{0,03429 \cdot (3)^{2/3} \cdot (1,5/100)^{1/2}}{0,010} = 0,87 \text{ m/s}$$

Área de sección de tubería:

$$A = 5,067 \cdot E^{-10} \cdot D^2 = 5,067 \cdot E^{-10} \cdot (3)^2 = 0,00456 \text{ m}^2$$

Caudal de sección llena:

$$Q = A \cdot V = (0,00456) \cdot (0,87) = 0,0039 \text{ m}^3/\text{s} = 3,96 \text{ l/s}$$

Como Q es mayor que q_{di} el diámetro de tubería es correcto.

2.1.8. Planos constructivos

Se elaboraron doce planos, los cuales son:

- Planta amueblada
- Planta acotada
- Plano de cimentaciones y columnas
- Plano de losas y detalles de vigas, primer nivel
- Plano de losas y detalles de vigas, segundo nivel
- Plano de detalles
- Plano de acabados
- Plano de instalaciones hidráulicas
- Plano de instalaciones sanitarias
- Plano de instalaciones eléctricas - fuerza
- Plano de instalaciones eléctricas - iluminación
- Plano de elevaciones

2.1.9. Presupuesto

El presupuesto se elaboró a base de precios unitarios, aplicando un 28% de costos indirectos, en los cuales se incluyen gastos de administración, supervisión y utilidades.

Los precios de los materiales se obtuvieron mediante cotizaciones en centros de distribución de la región y la mano de obra se calculó de acuerdo a los salarios establecidos por la municipalidad.

Tabla XI. Presupuesto edificio para locales comerciales

PROYECTO: EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES
UBICACIÓN: PUERTO BARRIOS, IZABAL

RESUMEN DE PRESUPUESTO:

No.	RENGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO POR RENGLÓN
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1.1	Limpieza del terreno	m ²	390	Q 15.54	Q 6,060.06
1.2	Trazo y estaqueado	ml	86	Q 145.13	Q 12,480.99
2	CIMENTACION				
2.1	Zapata tipo z-1	Unidad	6	Q 5,674.53	Q 34,047.18
2.2	Zapata tipo z-2	Unidad	12	Q 14,778.60	Q 177,343.20
2.3	Zapata tipo z-3	Unidad	14	Q 342.59	Q 4,796.26
2.4	Cimiento corrido	ml	137.35	Q 405.50	Q 55,695.59
3	COLUMNAS				
3.1	Tipo c-1	ml	150	Q 828.99	Q 124,348.24
3.2	Tipo c-2	ml	91	Q 899.71	Q 81,874.04
3.3	Tipo c-3	ml	103	Q 124.10	Q 12,781.91
3.4	Tipo c-4	ml	505	Q 151.55	Q 76,532.92
4	SOLERAS				
4.1	Solera de humedad	ml	138	Q 156.75	Q 21,631.45
4.2	Solera tipo dintel	ml	60	Q 180.66	Q 10,839.48
4.3	Solera tipo U	ml	687.5	Q 94.63	Q 65,056.43
5	VIGAS				
5.1	Vigas sentido Y nivel 1	ml	78	Q 585.09	Q 45,636.89
5.2	Vigas sentido X nivel 1	ml	125	Q 549.89	Q 68,736.26
5.3	Vigas sentido Y nivel 2	ml	78	Q 393.50	Q 30,693.08
5.4	Vigas sentido X nivel 2	ml	125	Q 508.13	Q 63,516.25
6	LOSAS	m ²	750	Q 449.66	Q 337,242.92
7	LEVANTADO DE BLOCK	m ²	700.5	Q 157.39	Q 110,254.49
8	INSTALACION ELECTRICA	Global	1	Q 28,500.00	Q 28,500.00
9	MODULO DE GRADAS	Global	1	Q 55,895.85	Q 55,895.85
10	INSTALACION DE PUERTAS	Global	1	Q 30,000.00	Q 30,000.00
11	INSTALACION DE PERSIANAS INDUSTRIALES	Global	1	Q 220,000.00	Q 220,000.00
12	ACABADOS				
12.1	Repello	m ²	4550	Q 33.76	Q 153,590.30
12.2	Cernido	m ²	4550	Q 21.70	Q 98,719.64
12.3	Repello en cenefa	m ²	15.2	Q 41.95	Q 637.71
12.4	Cernido en cenefa	m ²	15.2	Q 39.64	Q 602.55
12.5	Base de concreto	m ²	325	Q 330.33	Q 107,356.47
12.6	Colocacion de piso	m ²	650	Q 288.64	Q 187,618.20
13	INSTALACION HIDRAULICA	Global	1	Q 18,655.75	Q 18,655.75
14	ARTEFACTOS SANITARIOS				
14.1	Inodoros	Unidad	20	Q 380.00	Q 7,600.00
14.2	Lavamanos	Unidad	20	Q 185.00	Q 3,700.00
15	INSTALACION DE DRENAJES	Global	1	Q 32,575.80	Q 32,575.80
16	LIMPIEZA GENERAL	Global	1	Q 3,000.00	Q 3,000.00
TOTAL DEL PROYECTO					Q 2,288,019.91
COSTO POR m²					Q 3,520.03

Fuente: elaboración propia.

2.1.10. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación del riesgo de impacto ambiental, se realizó mediante una boleta de riesgo utilizada en la municipalidad. Esta evaluación dio como resultado un punteo de 208 puntos, una calificación superior a los 400 puntos, significa que sería necesario reformular el proyecto, y una calificación superior a 1000 rechaza por completo el proyecto.

Tabla XII. **Boleta de riesgo edificio municipal**

Proyecto Edificación de dos niveles para locales comerciales

Localización Puerto Barrios, Izabal

Identificación y evaluación de riesgo programas/proyectos			N.A.	Expuesto al evento	General al evento	Amenaza				Vulnerabilidad				Total = A * V	
						Nula	Mínima	Moderada	Severa	Baja	Media	Alta	Extrem. Alta		
Origen del evento	Factor	Tipo de evento				0	4	8	10	2	4	8	10		
Naturales	Meteorológicos	Huracanes, ciclones y tifones				X				X					0
		Tornados				X				X					0
		Tormenta tropical					X				X				8
		Onda termica fria				X					X				0
		Onda termica calida				X					X				0
		Inundaciones					X					X			32
		Sequias que provocan perdidas agricolas					X					X			16
		Otros													
	Topograficos ó geotécnicos	Derrumbes					X				X				0
		Deslizamientos						X			X				8
		Lahares					X				X				0
		Flujos de lodo y agua						X				X			16
		Otros													
	Tectónicos ó geológicos	Terremotos (sismos)						X			X				8
		Erupciones volcánicas					X				X				0
		Maremotos					X					X			0
		otros													

Continuación de la tabla XII.

Antropico-social	Derechos humanos	Violación de derechos humanos				X			X			8		
		genera pobreza				X			X			8		
		Genera discriminación			X				X			0		
		Ocurrencia de epidemias			X				X			0		
	otros													
	Seguridad ciudadana	Delincuencia organizada			X				X			0		
		Delincuencia comun			X				X			8		
		conflictos limitrofes			X				X			0		
		Ocurrencia de guerra			X				X			0		
		Ocurrencia de terrorismo			X				X			0		
	Otros													
	Entorno político economico-social	Crisis politica			X				X			0		
		Crisis gobernabilidad			X				X			0		
		Crisis economica			X				X			16		
		Crisis social			X				X			8		
	Otros													
	Manejo del ambiente	Destruccion de hábitats naturales			X				X			8		
		Radiacion solar intensa			X				X			8		
		Descarga de solidos y liquidos a cuerpos de agua			X				X			8		
		Descarga de particulas solidas al aire			X				X			0		
		Contaminacion por ruido superior a 90 DB			X				X			0		
		Contaminacion de suelos			X				X			8		
		Sobre-explotacion de recursos naturales			X				X			0		
		Desertificacion			X				X			0		
		Incendios forestales			X				X			0		
	Otros													
	Accidentes	Fallas industriales y tecnológicas			X				X			0		
		De transporte aéreo, acuatico y terrestre			X				X			0		
		Derrame de productos petroleros			X				X			0		
		Depositos industriales y quimicos			X				X			0		
		colapso de estructuras			X				X			0		
		Explosiones			X				X			8		
		Centrales electricas, termicas y geotérmicas			X				X			8		
		Oleoductos			X				X			0		
		coheterias			X				X			0		
		Urbanizacion desordenada			X				X			16		
		Edificios, ruinas, monumentos abandonados			X				X			8		
		Otros												
		Factor	Escala	Descripción										TOTAL

Continuación de la tabla XII.

Amenaza	Nula	No apreciable
	Minima	Visible, sin importancia para la estabilidad del sistema
	Moderada	Alteración notable, pero en un ámbito reducido
	Severa	Alteración notable, extensa consecuencias dañinas y mortales
vulnerabilidad	Baja	Población es afectada en forma mínima, no existe peligro de muerte
	Media	Población es afectada focalmente, existe peligro de muerte
	Alta	Población es afectada extensivamente, existe peligro de muerte
	Extrem. Alta	Población es afectada extensivamente, existe peligro de muerte, sin capacidad de recuperación
Escala de decisión	Bajo	menor 400 (se acepta el proyecto con medidas mitigación)
Riesgo	Medio	mayor de 401 hasta 1000 (reformular el proyecto)
(Puntos de riesgo) 208 PUNTOS	Alto	mayor de 1000 (Se rechaza el proyecto, reformularlo)

Fuente: elaboración propia.

2.2.2.5 Diseño de la carretera y pavimentación hacia aldea El Corozo

El diseño de la carretera consiste en hacer un previo levantamiento topográfico, posteriormente, se hace un dibujo preliminar seguido del cálculo de las curvas de nivel, con el cuál, se realiza el cálculo de los elementos de curva horizontal seguido por el diseño de las curvas verticales, el perfil y las secciones transversales.

2.2.1. Descripción del proyecto

Esta carretera es el único camino que permite el acceso a la aldea El Corozo y otras aldeas vecinas, la topografía es montañosa, por lo que el camino existente tiene curvas con radios pequeños y un ancho aproximado de 6.5 m, además pendientes pronunciadas. Dicha carretera pasa por varios cruces hacia aldeas y caseríos.

El camino actual es de terracería y se encuentra en malas condiciones, por lo que el proyecto consiste en el diseño de una carretera que mide 3,03 kilómetros, sección típica tipo E, velocidad de diseño de 30 km/h, radio de curvatura mínimo de 30 m, pavimento rígido, la carretera favorecerá a varias comunidades. Se tomaron como parámetros de diseño las normas de la Dirección General de Caminos.

2.2.2. Preliminar de campo

Esta consiste en realizar visitas de campo, antes de realizar el levantamiento topográfico.

2.2.2.1. Reconocimiento

Previo al levantamiento topográfico, se realizó una visita previa a fin de establecer una posible ruta a elegir, dentro de las limitantes se tuvieron los posibles derechos de paso, los cuales no se pueden modificar. Durante el reconocimiento se pudo establecer una posible ruta, evitando las pendientes que exceden al 10 %.

Además se observaron los puntos obligados del camino, que es donde no se pueden hacer cambios al eje central de la carretera, estos se localizan en donde existen estructuras que no se pueden mover, como casas, en la intersección de caminos, en este caso no se tendrá que hacer corrimiento de línea.

Se determinaron los lugares donde podrían hacerse los cambios de línea necesarios, para darle una mayor longitud de desarrollo a las pendientes y, mayor grado de curvatura a la geometría de la carretera, para que el diseño geométrico cumpliera con la velocidad de diseño.

2.2.2.2. Levantamiento topográfico

Para el trazo de la línea preliminar se generan curvas de nivel del modelo digital y se ubican en el plano los puntos obligados de paso; dos puntos obligados son el inicio y el final del camino, los cuales ya fueron ubicados y referenciados en el reconocimiento preliminar de campo. El levantamiento topográfico se realizó con una estación total, con la cual, se obtuvo la planimetría, altimetría y las secciones transversales.

Antes de realizar los cálculos topográficos de planimetría y altimetría, se debe revisar la libreta de campo, para ver que la información sea coherente y no existan errores. En este caso la información de la estación total, debe ser transferida a la computadora con el programa correspondiente para poder manejarla.

2.2.3. Dibujo preliminar

Este servirá para establecer la ruta final de la carretera, en éste se observaran las deflexiones y cambios de altura entre estaciones, proporcionando la información necesaria para el diseño final.

2.2.3.1. Dibujo planimétrico

Para la realización de los trabajos de planimetría se utilizó estación total. El levantamiento topográfico se realizó con una poligonal abierta, tomando información de puntos a cada 20m. Planimetría es la representación gráfica en planta de la carretera y se dibuja en un plano cartesiano por medio de las coordenadas totales de las estaciones.

Ya que el levantamiento topográfico se realizó con estación total, las coordenadas totales se obtienen directamente de la memoria del aparato. Para dibujar la planta de la carretera, se importaron los datos de la topografía, que incluían coordenadas totales al programa Civil 3D. El dibujo de la línea central en planta, de la carretera existente, sirve para el cálculo de los azimut y distancias de la línea de localización.

2.2.3.2. Dibujo altimétrico

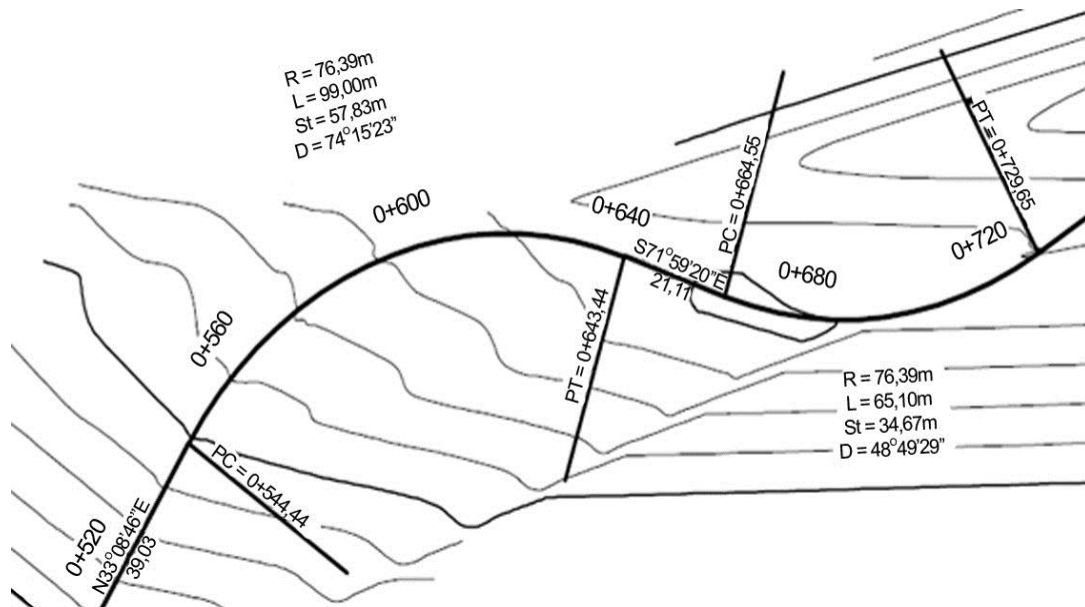
Las cotas, también se obtienen directamente de la memoria de la estación total. Se colocan los niveles de cada estación, a lo largo de la línea central de la carretera existente en el dibujo de planta, ya que con estos se dibujan las curvas de nivel y los perfiles de diseño.

Como la línea de localización o línea central de la carretera, no pasa exactamente por la línea preliminar de topografía, con la interpolación de curvas de nivel, se puede dibujar el perfil de la línea de localización.

2.2.3.3. Curvas de nivel

Para el dibujo de curvas de nivel se interpolan los datos de las alturas de las secciones transversales para encontrar las distancias horizontales a las que estas se encuentran, esta interpolación se realizó por medio del programa Civil 3D. Las curvas de nivel del levantamiento sirven para determinar las pendientes del terreno.

Figura 56. Curvas de nivel



Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Diseño de localización

Consiste en diseñar la línea final o la línea de localización, la cual será la definitiva para el proyecto, se realiza con toda la información que se recabe en campo por la brigada de topografía. Para la realización del diseño de la línea de localización se deben considerar los parámetros de diseño, para este caso se eligieron los parámetros de la Dirección General de Caminos.

Se eligió una típica tipo E, en función de la población. Se diseñará con un radio mínimo de 30 metros, una pendiente máxima de 10% y un ancho de calzada de 5,5 metros. La velocidad de diseño máxima será de 30 Km/h en regiones montañosas.

En el diseño de localización se deben contemplar las longitudes de transición entre las curvas. El diseño se realiza utilizando el software Civil 3D, ingresando manualmente los parámetros de diseño y chequeando que se cumplan las especificaciones.

Las curvas de diseño deben adaptarse lo mejor posible a las características del terreno, las curvas se unen por medio de tangentes, verificando que se cumplan las especificaciones de las longitudes de transición, este es un proceso de ensayo y error hasta llegar a la línea definitiva, que será la que cumpla todos los parámetros.

Tabla XIII. Características geométricas

T.P.D. DE	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO	ANCHO DE CALZADA (mts.)	ANCHO DE TERRACERÍA		DERECHO DE VÍA	RADIO MÍNIMO	PENDIENTE MÁXIMA (mts.)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA		DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PASO	
				CORTE (mts.)	RELLENO (mts.)				MÍNIMA (mts.)	RECOMEN-DADA (mts.)	MÍNIMA (mts.)	RECOMEN-DADA (mts.)
3,000 A 5,000	TIPO "A"		2x7.20	25	24	50						
	REGIONES											
	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750
	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550
1,500 A 3,000	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400
	TIPO "B"		7.20	13	12	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
900 A 1,500	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
	TIPO "C"		6.50	12	11	25						
	REGIONES											
500 A 900	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
	TIPO "D"		6.00	11	10	25						
100 A 500	REGIONES											
	LLANAS	50					75	8	55	70	260	300
	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150
10 A 100	TIPO "E"		5.50	9.50	8.50	25						
	REGIONES											
	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100
	TIPO "F"		5.50	9.50	8.50	15						
	REGIONES											
	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100

Fuente: Dirección General de Caminos.

2.2.4.1. Corrimiento de línea

Se realiza este procedimiento cuando la topografía del terreno impide que la ruta preliminar sea adecuada para el diseño, ya sea porque no se cumplen las longitudes de transición, las pendientes son mayores a las permisibles o no se cumplen con los radios mínimos.

Para este caso fue necesario hacer corrimientos de líneas para lograr que cumplan los radios mínimos en las curvas.

Figura 57. **Corrimiento de línea**



Fuente: elaboración propia.

El programa Civil 3D realiza las operaciones para el corrimiento de línea, a partir del trazo del nuevo punto que definirá la línea de localización y la ubicación de coordenadas, obteniendo toda la información necesaria para el cálculo de los elementos geométricos de la carretera.

La línea preliminar es la línea central del camino existente. Las coordenadas totales de los puntos de intersección (PI) de la línea de localización, se obtienen por medio de las coordenadas totales de la línea preliminar. Los cálculos de PI se realizan de la siguiente manera:

Dibujar una línea perpendicular a la línea preliminar en el punto P2 hasta interceptarla con el PI de la línea de localización, que es el punto P3, medir la distancia entre los puntos P3 y P2 y entre los puntos P1, que es el PI de la línea preliminar y P2.

Con las coordenadas totales ya calculadas del PI de la línea preliminar (P1), el azimut invertido y la distancia de P1 a P2, calcular las coordenadas del punto P2, ubicados en el punto P2, con el azimut invertido restar 90° para el nuevo azimut de la línea P2 – P3. Con las coordenadas del punto P2, el azimut de la línea P2 – P3 y la distancia P2 – P3 se calculan las coordenadas del punto P3, PI de la línea de localización.

Las distancias entre P1–P2 y P2–P3, se denominan puntos de control, estas amarran las líneas de preliminar y localización y son importantes pues se pueden verificar en campo. Este procedimiento se aplica en todos los puntos de la línea de localización usando relación de triángulos y ley de senos y cosenos, se calculan coordenadas totales.

Distancia entre P1 y P2 = D (1–2)

Distancia entre P3 (PI) y P2 = D (2–3)

Coordenadas de P1 = (X1, Y1)

Coordenadas de P2 = (X2, Y2)

Coordenadas de PI = (XI, YI)

Azimut 2 – Azimut 1 = Δ

Cálculo:

$$\text{Azimut invertido} = \Delta + 180^\circ$$

Coordenadas totales de P2 (X2, Y2):

$$X_2 = X_1 + D(1-2) * \text{sen}(\Delta + 180^\circ)$$

$$Y_2 = Y_1 + D(1-2) * \text{cos}(\Delta + 180^\circ)$$

$$\text{Nuevo azimut} = \Delta + 90^\circ$$

Coordenadas totales del PI (XI, YI):

$$X_I = X_2 + [D(2-3) * \text{sen}(\Delta + 90^\circ)]$$

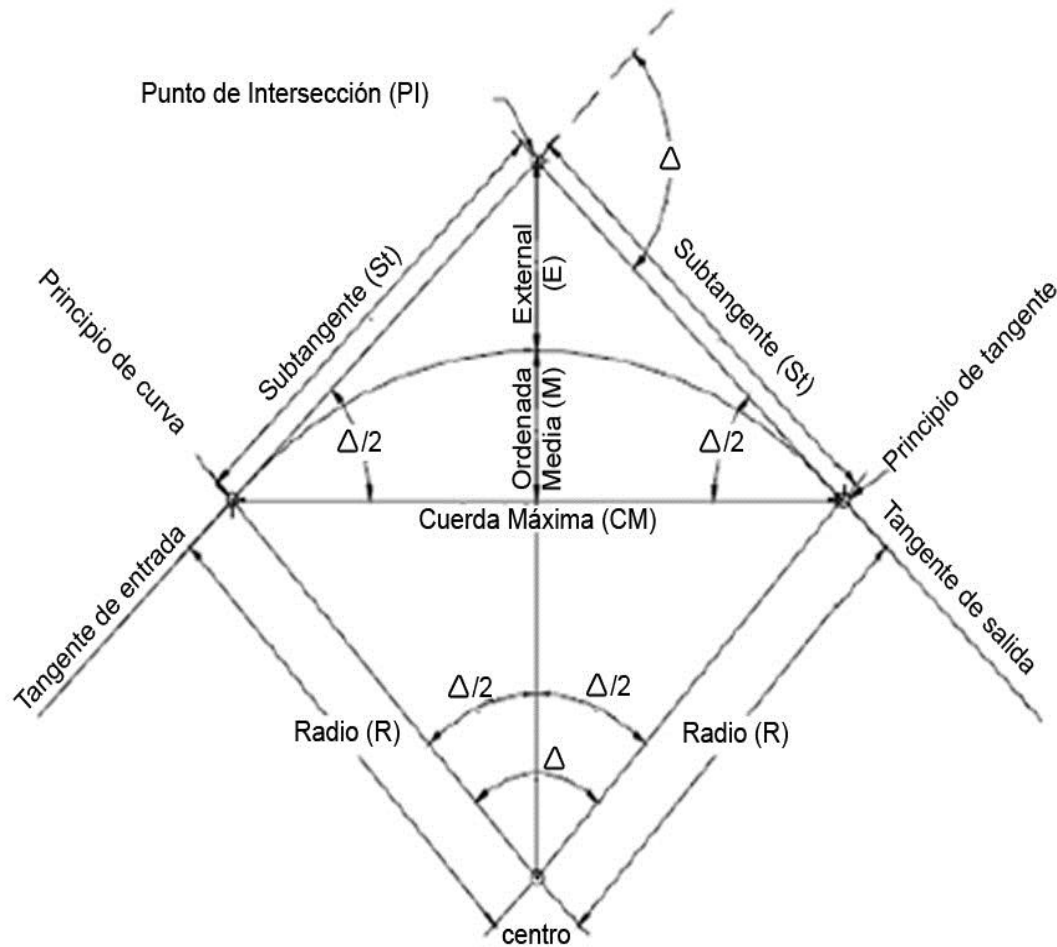
$$Y_I = Y_2 + [D(2-3) * \text{cos}(\Delta + 90^\circ)]$$

2.2.4.2. Cálculo de elementos de curva horizontal

Consiste en el diseño de la línea final de localización en planimetría, mediante el cálculo de las curvas horizontales, las cuales definirán la ruta a seguir, en el proceso de diseño y cálculo se deben considerar varios aspectos técnicos.

Las curvas horizontales forman parte del alineamiento horizontal de una carretera; son arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; pueden ser simples (solo una curva circular) o compuestas (formadas por dos o más curvas circulares simples, del mismo sentido o no y diferente radio). Están compuestas por los siguientes elementos:

Figura 58. Elementos de curva horizontal



Fuente: Illescas Ponce, Alvaro Danilo. Diseño del tramo carretero comprendido desde el entronque del kilómetro 171+400 carretera Interamericana (CA-1), hacia el caserío Nuevo Xetinamit, del municipio de Nahualá, departamento de Sololá. p. 24.

Para el diseño es necesario establecer un radio de curva en función de las deflexiones, para este caso se obtuvieron de la tabla IX. Después se procede al cálculo de las curvas horizontales, con la ayuda de dos escuadras, un compás, un juego de curvas de diseño y las especificaciones respectivas.

El diseño geométrico de carreteras es un proceso de tanteos hasta que se consigue el óptimo. En los siguientes incisos se calculará cada elemento de la curva 2, a manera de ejemplo.

Datos:

Deflexión = $37,97^\circ$

Radio elegido = 49,82 m (en función de la deflexión)

Estación de inicio = 0+173,35

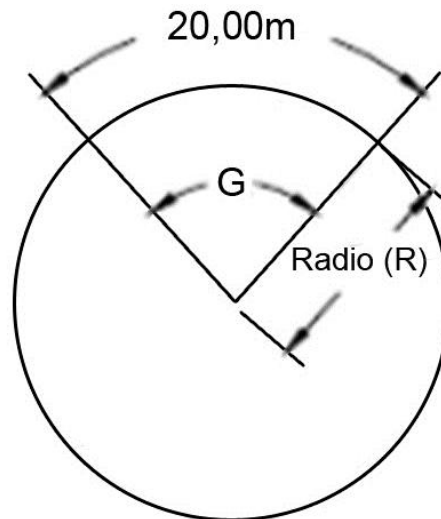
Las fórmulas utilizadas para calcular los distintos componentes de una curva horizontal están definidas por el grado de una curva (G).

Grado de curvatura (G): en Guatemala se define como el ángulo central que sobre una circunferencia define un arco de 20 metros de longitud. En otra forma, se dice que (G) es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros.

$$G = 1145.9156/R = 1145.9156/49,82 = 23^\circ$$

También es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección (PI) de localización y el azimut. De acuerdo a Δ (diferencia entre el azimut 1 y azimut 2 que convergen en un PI) y la velocidad de diseño, se escogerá el grado de curvatura (G), para cada curva, utilizando las tablas de especificaciones de la Dirección General de Caminos.

Figura 59. **Grado de curvatura**



Fuente: Illescas Ponce, Alvaro Danilo. Diseño del tramo carretero comprendido desde el entronque del kilómetro 171+400 carretera Interamericana (CA-1), hacia el caserío Nuevo Xetinamit, del municipio de Nahualá, departamento de Sololá. p. 22.

En la tabla VIII, se encuentran los radios que deben tener las curvas horizontales según el grado de curvatura escogido, además de otros elementos que son: peralte, sobre ancho y longitud de espiral. Se debe tomar en cuenta que la carretera será Tipo “E”, por lo que en teoría, el radio, mínimo utilizado deberá ser de 30 metros.

Tabla XIV. Especificaciones para curvas circulares, especificaciones para caminos de penetración, sección típica E

G	RADIO	20 K.P.H.				30 K.P.H.				40 K.P.H.			
		DB = 10				DB = 11				DB = 12			
		e%	LS	Δ	SA	e%	LS	Δ	SA	e%	LS	Δ	SA
1	1145.92	0.20	11	0.60	0.00	0.50	17	0.80	0.00	0.80	22	1.10	0.00
2	572.96	0.40	11	1.10	0.00	0.90	17	1.70	0.00	1.60	22	2.20	0.00
3	381.97	0.60	11	1.70	0.00	1.30	17	2.50	0.00	2.30	22	3.30	0.60
4	286.48	0.80	11	2.20	0.00	1.70	17	3.30	0.60	3.00	22	4.40	0.60
5	229.18	1.00	11	2.80	0.00	2.10	17	4.20	0.60	3.70	22	5.60	0.60
6	190.99	1.20	11	3.30	0.60	2.50	17	5.00	0.60	4.40	22	6.70	0.60
7	163.70	1.30	11	3.90	0.60	2.90	17	5.80	0.60	5.00	22	7.80	0.60
8	143.24	1.50	11	4.40	0.60	3.30	17	6.70	0.60	5.50	22	8.90	0.60
9	127.32	1.70	11	5.00	0.60	3.70	17	7.50	0.60	6.10	24	10.60	0.65
10	114.59	1.90	11	5.60	0.60	4.00	17	8.30	0.61	6.60	25	12.70	0.70
11	104.17	2.10	11	6.10	0.60	4.40	17	9.20	0.65	7.00	27	15.00	0.75
12	95.49	2.20	11	6.70	0.60	4.70	17	10.10	0.70	7.50	29	17.40	0.80
13	88.15	2.40	11	7.20	0.64	5.00	18	11.70	0.74	7.90	31	19.80	0.85
14	81.85	2.60	11	7.80	0.68	5.40	19	13.40	0.79	8.20	32	22.40	0.90
15	76.39	2.70	11	8.30	0.72	5.70	20	15.10	0.83	8.60	33	24.90	0.95
16	71.62	2.90	11	8.90	0.76	6.00	21	17.00	0.87	8.90	34	27.50	0.99
17	67.41	3.10	11	9.40	0.80	6.20	22	18.90	0.92	9.10	35	30.10	1.04
18	63.66	3.20	11	10.00	0.84	6.50	23	20.90	0.96	9.40	36	32.60	1.09
19	60.31	3.40	11	10.60	0.88	6.80	24	22.90	1.00	9.50	37	35.20	1.13
20	57.30	3.60	12	11.70	0.92	7.00	25	25.00	1.05	9.70	38	37.60	1.18
21	54.57	3.70	12	12.80	0.95	7.30	26	27.20	1.09	9.80	38	40.00	1.23
22	52.09	3.90	13	14.00	0.99	7.50	27	29.40	1.13	9.90	38	42.30	1.27
23	49.82	4.00	13	15.20	1.03	7.70	28	31.70	1.17	10.00	39	44.50	1.32
24	47.75	4.20	14	16.40	1.07	7.90	28	33.90	1.22	10.00	39	46.50	1.36
25	45.84	4.30	14	17.70	1.11	8.10	29	36.20	1.26				
26	44.07	4.50	15	19.10	1.15	8.30	30	38.60	1.30				
27	42.44	4.60	15	20.40	1.19	8.50	30	40.90	1.34				
28	40.93	4.80	16	21.90	1.23	8.70	31	43.30	1.38				
29	39.51	4.90	16	23.30	1.27	8.80	31	45.70	1.42				
30	38.20	5.10	17	24.80	1.30	9.00	32	48.00	1.47				
31	36.97	5.20	17	26.30	1.34	9.10	33	50.40	1.51				
32	35.81	5.30	17	27.90	1.38	9.30	33	52.80	1.55				
33	34.72	5.50	18	29.50	1.40	9.40	33	55.10	1.59				
34	33.70	5.60	18	31.10	1.46	9.50	34	57.40	1.63				
35	32.74	5.70	19	32.80	1.50	9.60	34	59.70	1.67				
36	31.83	5.90	19	34.50	1.53	9.70	34	62.00	1.71				
37	30.97	6.00	20	36.20	1.57	9.80	35	64.20	1.75				
38	30.16	6.10	20	38.00	1.61	9.80	35	66.40	1.79				
39	29.38	6.20	20	39.70	1.65	9.90	35	68.50	1.83				
40	28.65	6.40	21	41.50	1.69	9.9	35	70.60	1.87				
41	27.95	6.50	21	43.40	1.73	10.00	35	72.60	1.92				
42	27.28	6.60	22	45.20	1.76	10.00	36	74.60	1.96				
43	26.65	6.70	22	47.10	1.80	10.00	36	76.50	2.00				

Fuente: Dirección General de Caminos.

Longitud de curva (Lc): la longitud de curva es la distancia, siguiendo la curva, desde el PC hasta el PT.

Donde:

Lc = Longitud de curva.

G = Grado de curvatura.

Δ = Diferencia de azimut de entrada menos azimut de salida.

Los radios fueron tomados a partir de la lectura de las deflexiones.

$$L_c = \frac{20\Delta}{G} = \frac{20 \cdot 37,97}{23} = 33,02 \text{ m}$$

Sub-tangente (St): es la distancia entre el PC y el PI o entre el PI y el PT, en curvas circulares simples forman un ángulo de 90° con el radio.

$$St = R \cdot \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 49,82 \cdot \tan(37,97^\circ/2) = 17,14 \text{ m}$$

Cuerda máxima (Cm): es la distancia en línea recta desde el principio de curva PC al principio de tangencia PT.

$$C_m = 2R \cdot \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 2 \cdot 49,82 \cdot \sin\left(\frac{37,97^\circ}{2}\right) = 32,42 \text{ m}$$

External (E): es la distancia desde el punto de intersección PI al punto medio de la curva.

$$E = R * \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right) = 49,82 * \left(\sec \frac{37,97^\circ}{2} - 1 \right) = 2.87 \text{ m}$$

Ordenada media (Om): es la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$OM = R \left[1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right] = 49,82 \left[1 - \cos \frac{37,97^\circ}{2} \right] = 2,71 \text{ m}$$

Tabla XV. **Resúmen diseño geométrico**

curva No.	radio	G	Deflexion	Tg min	Tg real	Dif	long de curva	External	sub-tangente	ordenada media	cuerda maxima
				8.5	17.498711	8.998711					
1	143.24	8	32.0133	22.5	89.8075253	67.3075253	80.03	5.78	41.09	5.55	79.00
2	49.82	23	37.9711	29	29.4614795	0.46147948	33.02	2.87	17.14	2.71	32.42
3	42.44	27	35.2347	30	47.7166045	17.7166045	26.10	2.09	13.48	1.99	25.69
4	44.07	26	54.4108	29	29.9122598	0.9122598	41.85	5.48	22.66	4.88	40.30
5	47.75	24	131.9886	24	38.2317182	14.2317182	109.99	69.62	107.21	28.32	87.23
6	76.39	15	74.8650	20	21.0994982	1.0994982	99.82	19.81	58.48	15.73	92.87
7	76.39	15	48.8247	25.5	182.377063	156.877063	65.10	7.50	34.67	6.83	63.15
8	40.93	28	41.3867	30.5	59.130595	28.630595	29.56	2.82	15.46	2.64	28.92
9	42.44	27	44.9553	30.5	30.9205656	0.42056557	33.30	3.49	17.56	3.22	32.45
10	39.51	29	48.1358	31	31.3366318	0.3366318	33.20	3.76	17.65	3.44	32.23
11	39.51	29	59.6747	29.5	242.686028	213.186028	41.15	6.04	22.66	5.24	39.32
12	47.75	24	102.7614	26	44.495935	18.495935	85.63	28.75	59.77	17.95	74.61
13	60.31	19	30.4144	24	63.4522682	39.4522682	32.02	2.19	16.39	2.11	31.64
14	60.31	19	101.5197	21	44.6667823	23.6667823	106.86	35.03	73.84	22.16	93.42
15	88.15	13	27.0339	26	27.2829484	1.28294835	41.59	2.51	21.19	2.44	41.21
16	31.83	36	14.2794	34.5	35.8503097	1.35030972	7.93	0.25	3.99	0.25	7.91
17	30.16	38	31.8789	26	48.6911906	22.6911906	16.78	1.21	8.61	1.16	16.56
18	95.49	12	40.5814	20	35.0228042	15.0228042	67.64	6.32	35.31	5.93	66.23
19	63.66	18	53.3889	28.5	29.8729772	1.37297721	59.32	7.59	32.01	6.79	57.20
20	32.74	35	59.1919	31	138.952218	107.952218	33.82	4.91	18.60	4.27	32.34
21	47.75	24	34.9067	28	28.3737108	0.37371083	29.09	2.30	15.01	2.20	28.64
22	47.75	24	27.3667	22.5	67.0887583	44.5887583	22.81	1.39	11.62	1.36	22.59
23	104.17	11	16.3514	18	53.0443391	35.0443391	29.73	1.07	14.97	1.06	29.63
24	81.85	14	36.0431	26.5	27.8823536	1.3823536	51.49	4.22	26.63	4.02	50.65
25	31.83	36	56.0947	26	40.1127315	14.1127315	31.16	4.24	16.96	3.74	29.93
26	88.15	13	60.5317	26.5	59.0257343	32.5257343	93.13	13.91	51.44	12.01	88.85
27	30.16	38	45.0153	33.5	47.2022394	13.7022394	23.69	2.49	12.50	2.30	23.09
28	38.20	30	99.0114	16	31.1778389	15.1778389	66.01	20.62	44.73	13.39	58.10

Fuente: elaboración propia.

2.2.4.3. Determinación de curva vertical

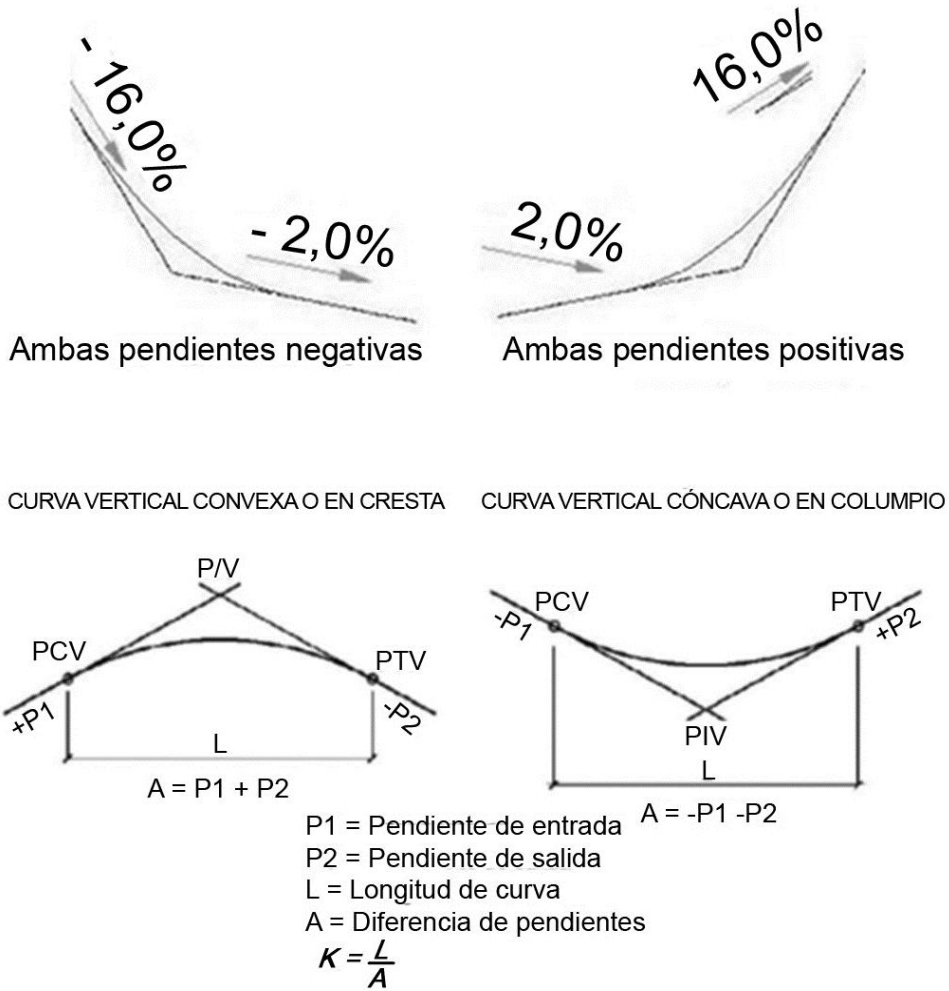
Las carreteras no sólo están conformadas por curvas horizontales, sino también por curvas verticales, lo anterior significa que se está trabajando en tres dimensiones, para su diseño y simplificación de trabajo las carreteras se desglosan en planimetría y altimetría.

En la parte de la altimetría se estudian las curvas verticales, que pueden ser cóncavas o convexas, también existen curvas en ascenso con ambas pendientes positivas (convexas) y curvas en descenso con ambas pendientes negativas (cóncavas).

La finalidad de las curvas verticales es proporcionar suavidad al cambio de pendiente, estas curvas pueden ser circulares o parabólicas aunque la más usada en el país por la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a su gran adaptación a las condiciones de terreno. Las especificaciones para curvas verticales dadas por la Dirección General de caminos están en función de la diferencia algebraica de pendientes y de la velocidad de diseño.

En el momento de diseñar las curvas verticales deben tenerse presentes las longitudes de éstas para evitar traslapes entre curvas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores. En diseños de carreteras para áreas rurales; se ha normalizado entre los diseñadores usar como longitud mínima de curva vertical la que sea igual a la velocidad de diseño.

Figura 60. Componentes de curva vertical



Fuente: elaboración propia.

Lcv = Longitud de curva vertical

K = Constante que depende de las velocidades de diseño

A% = Diferencia algebraica de pendientes.

En la Tabla XVI se muestran los diferentes valores de K para visibilidad de parada, según la Dirección General de Caminos:

Tabla XVI. **Valores de K para curvas cóncavas y convexas**

Velocidad de diseño (KPH)	Valores de K según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: Valladares, Jorge Félix. Guía teórica práctica del curso de Vías Terrestres 1. p. 31.

Además existen cuatro criterios que ayudan a determinar la longitud de las curvas verticales, estos son:

Criterio de apariencia: para curvas verticales con visibilidad completa, cóncavas, sirve para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq 30, \quad \Delta = P_s - P_e$$

En donde: P_s = pendiente de salida y P_e = pendiente de entrada

Criterio de comodidad: para curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq \frac{V^2}{395}$$

Criterio de drenaje: para curvas verticales convexas y cóncavas, alojadas en corte. Se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \leq 43$$

Criterio de seguridad: que es la visibilidad de parada, la longitud de curva debe permitir que a lo largo de ella la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada. Se aplica a curvas cóncavas y convexas.

$$LCV = K \cdot A$$

Tabla XVII. **Ejemplo de determinación de longitud de curvas verticales**

No. CURVA VERTICAL	Pendiente	A=Ps-Pe	TIPO DE CURVA	K de Visibilidad		LCV por criterio de SEGURIDAD LCV=A*k	k = LCV/A	Criterio de apariencia (curvas conc.) k >= 30	Criterio de comodidad (curvas conc.) k >= V^2/395	Criterio de drenaje (curvas conc. o conv. en corte) k <= 43	LCV escogida
				CONC	CONV						
0	- 1,42										
1	- 8,45	7,03	conv	4	2	30	4,27	no aplica	no aplica	cumple	30
2	9,29	17,74	conc	4	2	70,92	4,00	no cumple	cumple	cumple	71
3	- 6,62	15,91	conv	4	2	31,82	2,00	no aplica	no aplica	cumple	35
4	9,76	16,38	conc	4	2	65,54	4,00	no cumple	cumple	cumple	66
5	3,58	6,18	conv	4	2	30	4,85	no aplica	no aplica	cumple	30

Fuente: elaboración propia.

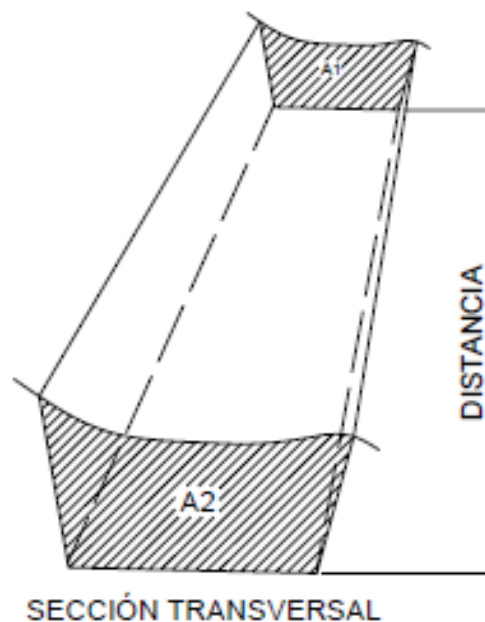
2.2.5. Movimiento de tierra

En la construcción de carreteras, ésta es una de las actividades de mayor importancia, ya que afecta considerablemente en el costo de la misma. Por esto el movimiento de tierras debe ser lo más económico posible, dentro de los requerimientos que el tipo de camino especifique.

2.2.5.1. Área de secciones transversales

Para el cálculo de las áreas de las secciones transversales de la línea de localización, primero se dibujan éstas a cada 20m, con la sección típica de la carretera Tipo “E” para regiones montañosas. Para esta sección se tienen establecidos los taludes de corte y relleno según su altura.

Figura 61. **Sección transversal**



Fuente: elaboración propia.

Se puede utilizar el método gráfico, el cual permite medir las áreas por medio de un planímetro graduado, para la realización de la medida de las secciones que deben estar dibujadas en papel milimetrado.

Otro método utilizado para el cálculo de área es el de determinantes, en el que con las coordenadas de los puntos que delimitan las áreas de corte y relleno se calcula el área. Para el diseño se utilizó el programa Civil 3D para la obtención de las áreas de las secciones transversales.

Tabla XVIII. **Área de secciones transversales**

$$\text{Área} = \sum \left[\frac{\sum (X_t * Y_{t+1}) - \sum (Y_t * X_{t+1})}{2} \right]$$

X	Y
X0	Y0
X1	Y1
X2	Y2
X3	Y3
X4	Y4
X5	Y5
X6	Y6
X7	Y7
X0	Y0

$$a = \sum (X * Y)$$

$$b = \sum (Y * X)$$

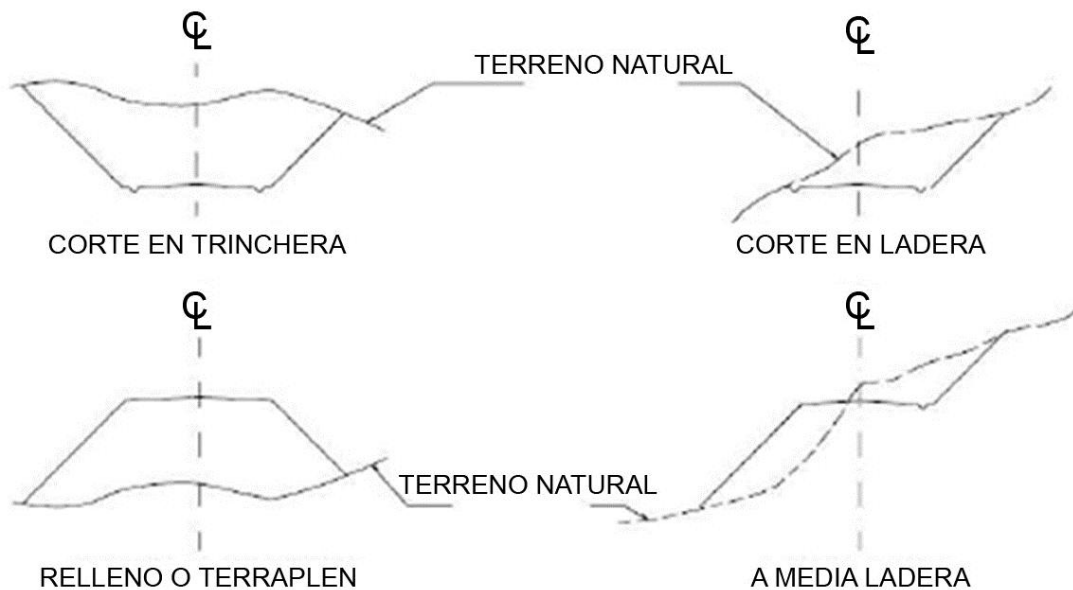
$$\text{ÁREA} = \frac{|a - b|}{2}$$

Fuente: elaboración propia.

2.2.5.2. Volúmenes de tierra

Este se realiza a partir de secciones transversales tomadas perpendicularmente a lo largo del eje central a cada 20m. Las secciones transversales pueden ser: corte en trinchera, corte en ladera, en relleno o terraplén y a media ladera.

Figura 62. Tipos de secciones transversales



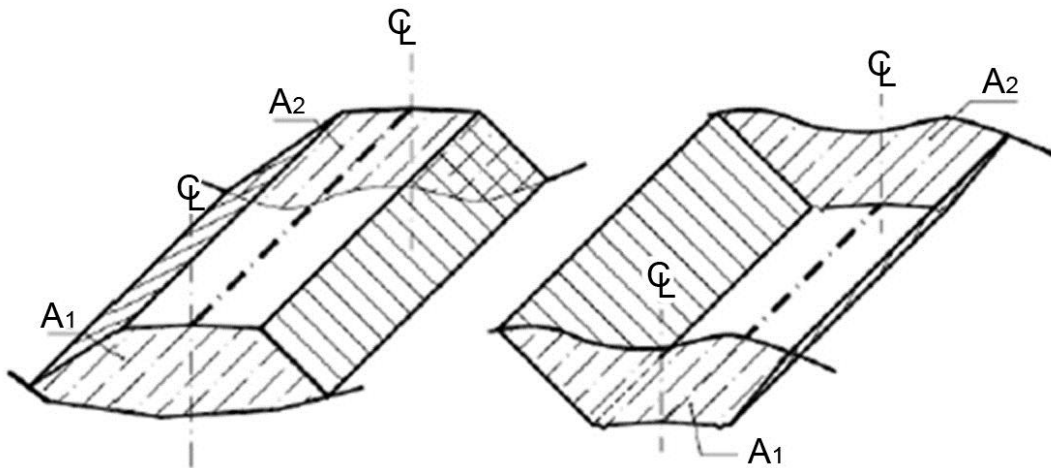
Fuente: Casanova M., Leonardo. Elementos de Geometría. p. 1-24.

Cada una de las áreas calculadas anteriormente, constituye en un lado de un prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse, suponiendo que el terreno se comporta en una manera uniforme entre las dos estaciones, se hace un promedio de sus áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre ellas, se obtiene así los volúmenes de corte y relleno en ese tramo.

De igual manera que la obtención de áreas el programa Civil 3D proporciona los datos de los volúmenes de corte y de relleno. Los métodos más utilizados para el cálculo de los volúmenes correspondientes al movimiento de tierra, son el método de las áreas medias y el método del prismoide. Se utilizó en este caso, el método de las áreas medias en donde el volumen entre dos secciones consecutivas del mismo tipo, en corte o en relleno (ver figura 62), está dado por:

$$\text{Vol} = \frac{A_1 + A_2}{2} * \text{Distancia}$$

Figura 63. **Volumen entre secciones del mismo tipo**



Fuente: Casanova M., Leonardo. Elementos de Geometría. p. 1-25.

En donde:

V = volumen entre ambas secciones en m³.

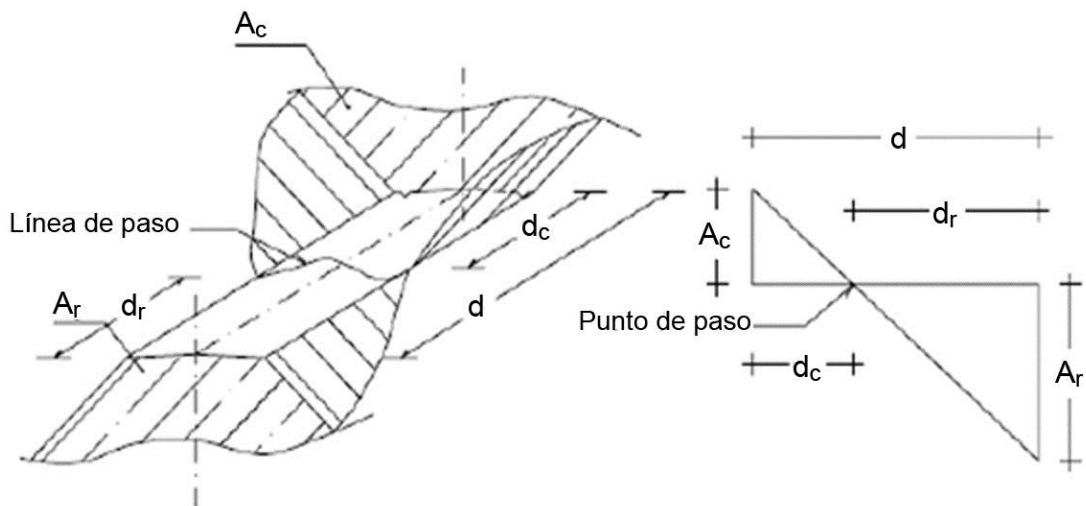
A1, A2 = áreas de secciones consecutivas en m².

d = Distancia entre secciones en metros (en este caso 20m).

Tanto para el cálculo de áreas como de volúmenes, se utilizó el programa Civil 3D. (Ver apéndice).

Cuando existen dos secciones consecutivas de diferente tipo, se genera una línea de paso a lo largo de la cual la cota del terreno coincide con la cota de la superficie de subrasante. En este caso, se generará un volumen de corte y uno de relleno entre ambas secciones (ver figura 63).

Figura 64. **Volumen entre secciones de diferente tipo**



Fuente: Casanova M., Leonardo. Elementos de Geometría. p. 1-25.

Se asume que la línea de paso es perpendicular al eje. El volumen de corte entre el área de corte " A_c " y el área de la línea de paso que es cero, y el volumen de relleno entre el área de relleno " A_r " y el área de la línea de paso, se calculan de la siguiente manera:

$$V_C = \frac{1}{2} * (A_C + A_0) * d_C, \quad V_R = \frac{1}{2} * (A_R + A_0) * d_R$$

$$A_0 = 0$$

V_C, V_R = volumen de corte y de relleno en m³.

A_C, A_R = áreas de las secciones en corte y relleno en m².

A_0 = área de la sección en la línea de paso = 0.

d_C, d_R = distancias de corte y relleno en m.

Por medio de relación de triángulos se determinan los valores de d_C y d_R , de la siguiente manera: ver figura 63.

$$d_C = \frac{A_C}{A_C + A_R} * d, \quad d_R = \frac{A_R}{A_R + A_C} * d$$

Para poder observar la tabla de volúmenes y secciones transversales, (ver apéndice).

2.2.6. Determinación de la calidad del suelo

El suelo es el soporte último de todas las obras de infraestructura, se comporta como una estructura más con características físicas propias (densidad, porosidad, ángulo de fricción interna, etc.) que le otorgan ciertas propiedades resistentes ante diversas sollicitaciones (compresión, corte, etc.); por esto, es necesario estudiar su comportamiento ante la perturbación que supone cualquier asentamiento antrópico; en este caso, una carretera.

2.2.6.1. Pruebas de laboratorios

Las pruebas de laboratorio son procedimientos científicos que permiten caracterizar los suelos en función de sus propiedades físicas, químicas o mecánicas, con el fin de establecer una división sistemática, según similitud de caracteres físicos y propiedades mecánicas. Una clasificación adecuada permite tener una idea del comportamiento del suelo como cimiento del pavimento. Las diferentes pruebas de laboratorio se le aplican a la subrasante.

Límites de Atterberg: los límites de Atterberg determinan el comportamiento y las propiedades de los suelos de granos finos cuando éstos entran en contacto con el agua. Cada uno se define por la variación de humedad que produce una consistencia determinada en el suelo, siendo éstos: límite líquido, plástico, de contracción, de pegajosidad y de cohesión.

Es importante determinar el límite líquido y plástico, ya que el suelo en esos dos estados, presenta una alta deformabilidad y una drástica reducción de su capacidad soporte, además por medio de ellos y del análisis granulométrico, se puede clasificar el suelo y de esta forma tener una idea del suelo en estudio y sus propiedades mecánicas. Estos dos límites están definidos de la siguiente manera;

- Límite líquido: es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico; a este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso. Está expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra utilizada para el ensayo. Los resultados obtenidos en este ensayo es L.L. = 28,7 %.

- Límite plástico: Es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como un material no plástico, estado semi sólido. Está expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra utilizada para el ensayo.

El material debe tener un límite líquido no mayor de 35, determinado por el método AASHTO T 89 y un índice de plasticidad entre 5 y 11. El índice de plasticidad I.P. indica el grado de plasticidad que presenta el suelo y es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. El resultado obtenido para el índice de plasticidad es de 5,3. (Ver anexo 5).

Tabla XIX. **Tipología de suelos SUCS**

SÍMBOLO	Características generales		
GW GP GM GC	GRAVAS (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos < 5%)	Bien graduadas
			Pobrementemente graduadas
		Con finos (Finos > 12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
SW SP SM SC	ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos < 5%)	Bien graduadas
			Pobrementemente graduadas
		Con finos (Finos > 12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
ML MH	LIMOS	Baja plasticidad (LL < 50)	
		Alta plasticidad (LL > 50)	
CL CH	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL < 50)	
		Alta plasticidad (LL > 50)	
OL OH	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL < 50)	
		Alta plasticidad (LL > 50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

Fuente: Blázquez, Luis Bañón y Beviá García, José F. Manual de carreteras, Tomo 2. p. 15-21.

Análisis granulométrico: determina las proporciones de los distintos tamaños de grano existentes en el suelo. Con este ensayo, se establece una

clasificación genérica de suelos atendiendo a su granulometría. Existen varias formas y escalas para clasificar los suelos, entre ellas están: el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), ver tabla No. XIX, que por su carácter versátil y sencillo se emplea para todo tipo de obras de ingeniería.

El sistema de clasificación de la AASHTO, que es uno de los más populares en carreteras, es otra forma que existe para clasificar los suelos. En este sistema se clasifica el suelo en siete grupos básicos, ver tabla XX.

Los resultados obtenidos son: 35,19 % de grava, 39,81 % de arena y 25,00 % de finos; con estos datos y las tablas mostradas anteriormente se clasificó el suelo como SM, según el sistema de clasificación SUCS., y A-1-b, según el sistema de clasificación AASHTO, y se describe como fragmentos de roca con arena limosa color gris. (Ver anexo 6).

Tabla XX. Clasificación de suelos AASHTO

DIVISIÓN GENERAL		Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)						Materiales limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)					
GRUPO		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)													
Serie ASTM	#10	≤ 50											
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51									
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)													
Límite líquido					≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 42	≤ 40	> 41 IP<LL-30	> 41 IP>LL-30
Índice de plasticidad	≤ 6		TAP		≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 20	≤ 20	≥ 12	≥ 11	≥ 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	0	≤ 4	≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20				
TIPOLOGÍA A	Fragmentos de piedra, grava y arena	Arena fina		Gravas y arenas Limosas o arcillosas		Suelos limosos		Suelos arcillosos					
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA						ACEPTABLE A MALA						

Fuente: Bañón Blázquez, Luis y Beviá García, José F. Manual de carreteras, Tomo 2. p. 15-25.

Proctor: permite conocer las características de compactación del suelo que son humedad óptima y densidad máxima, con el fin de conseguir la mayor estabilidad mecánica posible en la construcción, para que las tensiones se transmitan uniforme y progresivamente y no se produzcan asentamientos excesivos o incluso el colapso del suelo que sirve como cimiento del pavimento.

Estos ensayos se dividen en proctor estándar y proctor modificado, la diferencia entre estos dos ensayos es la energía de compactación utilizada en cada uno de ellos, el modificado es cinco veces mayor que el estándar. Para el proyecto se utilizará el ensayo de proctor modificado. Los resultados de los ensayos indican que con una humedad óptima de 19,5%, el suelo llega a su densidad seca máxima, que es de 1 578 kg/m³, al ser compactado. (Ver anexo 7).

Ensayo de la relación soporte California (CBR): normado por la A.A.S.H.T.O. T-193. Este ensayo sirve para determinar el valor soporte del suelo compactado a la densidad máxima y humedad óptima, simulando las peores condiciones probables en el terreno, para lo cual las probetas obtenidas se sumergen completamente en una pila llena de agua.

El C.B.R. se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón, hasta la misma profundidad, de una muestra de suelo patrón de piedra triturada de propiedades conocidas. El CBR es un porcentaje de la carga unitaria patrón y se expresa de la siguiente manera;

$$\text{Unitaria del Ensayo / CBR} = (\text{Carga Carga Unitaria Patrón}) * 100$$

Según los resultados, el suelo posee un índice de C.B.R. de 33 %, al 95% de compactación, este valor es utilizado para determinar las propiedades mecánicas del suelo. (Ver anexo 8).

Tabla XXI. **Resistencia del suelo**

No. CBR	CLASIFICACIÓN GENERAL	USOS	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	
			UNIFICADO	AASHTO
0 - 3	Muy pobre	Sub-rasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 - 7	Pobre a regular	Sub-rasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 - 20	Regular	Sub-base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 - 50	Bueno	Base, Sub-base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Fuente: Bowles, Joseph E. Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. p. 191.

2.2.6.2. Criterios para definir la capa de rodadura

Las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante actual son fundamentales, ya que por medio de ellas y otros factores como el tránsito, el clima, los materiales disponibles en el lugar, la situación económica del lugar y los resultados de los ensayos, se puede definir la composición de la capa de rodadura y proceder a diseñarla. Con los resultados obtenidos se clasifica la subrasante como buena.

2.2.7. Diseño de pavimento

La Asociación del Cemento Pórtland (PCA) ha desarrollado dos métodos para determinar el espesor de losa adecuada, para soportar las cargas de tránsito en las calles y carreteras.

Estos son: método de capacidad, que es utilizado cuando se cuenta con la información detallada de datos de carga por eje de los vehículos que transitan por la carretera; que son obtenidos de estaciones representativas de peso de camiones y método simplificado; se utiliza cuando no es posible obtener datos de carga por eje.

Tabla XXII. **Clasificación de vehículos según su categoría**

Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje, KIPS	
		TPD	TPDC		Sencillo	Tandem
			%	Por día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	3	Arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras	700 a 5,000	5 a 18	de 40 a 1,000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio) Supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12,000 para 2 carriles 3,000 a 5,000 para 4 carriles o más	8 a 30	De 500 a 5,000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas), interestatales urbanas y rurales (medio alto)	3,000 a 20,000 para 2 carriles. 3,000 a 15,000 para 4 carriles o más	8 a 30	De 1,500 a 8,000	34	60

Fuente: Westergaard H. N. Computation of stresses in concrete roads. p. 48.

Para el diseño del pavimento rígido se utilizará el método simplificado propuesto por la Asociación del Cemento Portland (P.C.A. por sus iniciales en inglés) donde se cuenta con tablas de datos tabulados para distribuciones de carga-eje en función de diferentes categorías de tránsito esperado para tramos.

Módulo de reacción de sub-rasante (k): estas tablas se formularon para un período de diseño de 20 años y tienen un factor de seguridad de 1, 1.1, 1.2 & 1.3 para las categorías 1, 2, 3, & 4 respectivamente.

Una vez conocida la categoría a la que pertenece se encuentra el módulo de reacción K. Este valor se establece por medio del CBR del laboratorio, en éste caso, es de 34 % al 95 % de compactación. Este módulo es realmente una propiedad de apoyo que se ofrece al tráfico, está definida como la pendiente o razón de cambio de la gráfica carga deformación obtenida insitu por el ensayo de disco normado por ASTM D- 196 y su resultado se expresa en carga contra volumen (kg/cm^3 o lb/in^3).

Este valor es función de la clasificación de suelo, realizada por granulometría y límites de consistencia, o de su valor de CBR. Utilizando cualquier criterio se obtiene un valor ambiguo, por lo que "K" no será muy exacto; esto no repercute de forma apreciable en los requerimientos del espesor de la carpeta de rodadura. (Ver anexo 9).

El módulo de reacción K es de $10,55 \text{ Kg} / \text{cm}^3$, que es equivalente a 380,34 PSI. Identificado el módulo de reacción K, se clasifica la sub-rasante según la siguiente tabla.

Tabla XXIII. **Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de K**

Tipos de suelo	Soporte	Rango de valores de K PSI
Suelos de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerable de limo y arcilla	Medio	130 – 170
Arenas y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos	Alto	180 – 220
Sub-bases tratadas con cemento	Muy alto	250 – 400

Fuente: Westergaard H. N. Computation of stresses in concrete roads. p. 49.

Módulo de ruptura del concreto (M_r): debido al paso de vehículos sobre la carpeta de rodadura se producen esfuerzos combinados de flexión y compresión; la compresión es mínima por lo que, por criterio, se desprecia en el diseño.

En cuanto a los esfuerzos flexionantes, estos son de gran magnitud y por lo tanto sus valores se usan para el diseño del espesor del pavimento rígido. La fuerza de flexión se determina por el módulo de ruptura del concreto " M_r ", el cual, en definición, es el esfuerzo máximo de tensión en la fibra extrema de una viga prismática de concreto.

Esta resistencia es sumamente baja y de determinación ambigua pues existen concentraciones de esfuerzo cuando se trata de dar agarre al elemento en su ensayo; sin embargo una buena aproximación se da por el método de ensayo de “hendido” donde la tensión máxima probable será 10 a 20% de la resistencia a la compresión del elemento.

Como una propuesta real, se da un $f'c = 4\ 000$ PSI y un 15% de tensión máxima probable, por lo que:

$$Mr = 600 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2}$$

Según la siguiente tabla, el espesor del pavimento es de 5,5 pulg.

Conociendo los resultados de laboratorio y tomando en cuenta que satisfacen los parámetros establecidos por la Dirección General de Caminos, se propone colocar una carpeta de rodadura de 5,5 plg., que aproximadamente es 0.15 m de espesor.

Tabla XXIV. **Espesor óptimo de carpeta de rodadura en función de Mr y K.**

MR	Espesor de la losa pulg.	Sin hombros de concreto o bordillo Soporte Subrasante – Subbase				Espesor de la losa pulg.	Con hombros de concreto o bordillo Soporte Subrasante - Subbase			
		Bajo	Medio	Alto	Muy alto		Bajo	Medio	Alto	Muy alto
650 PSI	5.5				5	5		3	9	42
	6		4	12	59	5.5	9	42	120	450
	6.5	9	43	120	490	6	96	380	700	970
	7	80	320	840	1200	6.5	650	1000	1400	2100
	7.5	490	1200	1500		7	1100	1900		
	8	1300	1900							
600 PSI	6				11	5			1	8
	6.5		8	24	100	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810
	7.5	110	440	1100	2100	6.5	160	520	1400	2100
	8	590	1900			7	1000	1900		
	8.5	1900								
550 PSI	6.5			4	19	5.5			3	17
	7		11	34	50	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100
	8	120	470	1200		7	210	770	1900	
	8.5	560	220			7.5	1100			
	9	2400								

Fuente: Westergaard H. N. Computación of streses in concrete roads. p. 51.

2.2.8. Drenajes

Los drenajes son colocados en la carretera para evitar que el agua se filtre en la carpeta de rodadura, ya que al filtrarse dañará el material existente en la subrasante provocándole daños.

Las acumulaciones de agua son perjudiciales, la forma de que no afecten a la carretera es evacuándola o conduciéndola por medio de drenajes. La vida útil de la carretera depende mucho de los drenajes, estos evitan derrumbes o deslizamientos, para que funcionen eficientemente deben de tener mantenimiento constante.

2.2.8.1. Drenaje longitudinal

Diseño de cunetas; son canales abiertos que se calculan por el método de Manning, se colocan paralelamente a uno o ambos lados del camino, sirven para evacuar el agua que cae en la sección de corte en una carretera, en pendientes fuertes se deben proteger del escurrimiento y acción destructiva del agua por medio de disipadores de energía.

$$V = \frac{1}{n}(R)^{2/3}(S)^{1/2}$$

V = velocidad media en metros por segundo

n = coeficiente de rugosidad de Manning

R = radio hidráulico en metros (área de la sección entre el perímetro mojado)

S = pendiente del canal en metros por metro

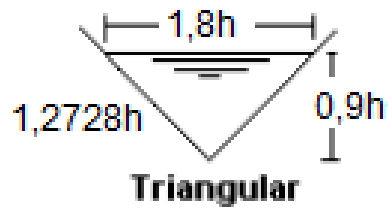
Condiciones de diseño:

S = 3 %

Lleno al 90 %

Q = 0,33 m³/s

Figura 65. **Diseño de cuneta**



Fuente: elaboración propia.

Determinación del área hidráulica:

Utilizando $n = 0,016$ (concreto revestido)

$$Q = A \cdot V$$

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} (R)^{2/3} (S)^{1/2}$$

Q = caudal en m^3/seg .

A = Área de la sección transversal del flujo en m^2

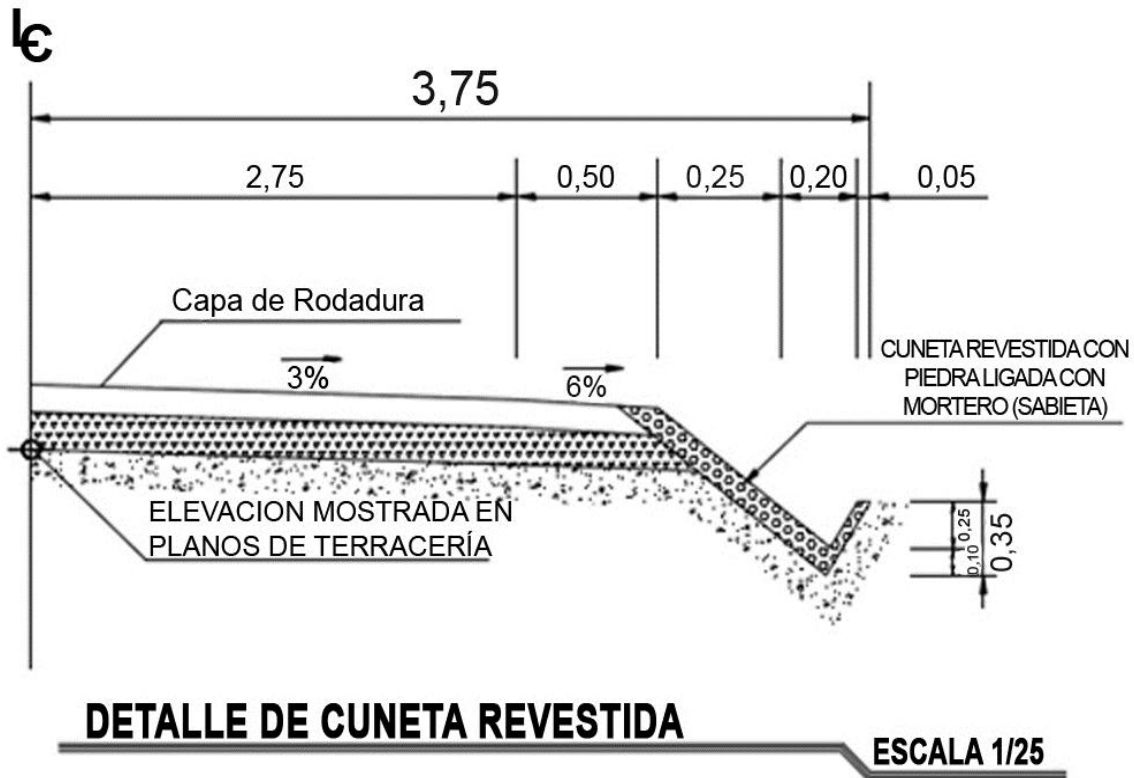
$$Q = 1,62h^2 \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{1,62h^2}{P_m} \right)^{2/3} \cdot (S)^{1/2}$$

$$0,33 = 1,62h^2 \cdot \frac{1}{0,016} \cdot \left(\frac{1,62h^2}{2 \cdot 1,2728h} \right)^{2/3} \cdot (0,03)^{1/2}$$

$$0,33 = 12,975(h)^{8/3}$$

$$h = 0,25 \text{ m}$$

Figura 66. **Detalle de cuneta**



Fuente: elaboración propia.

Contra cunetas: son canales destinados a evitar que el agua llegue a los taludes y cauce deslizamientos o derrumbes en los cortes de la carretera. La contra cuneta deberá colocarse en la parte más alta del talud, a una distancia no menor de 2 metros de la orilla superior del talud, tomando en cuenta el tipo de suelo existente en el área para evitar derrumbes. En este caso no será necesario utilizar contra cunetas, ya que los taludes no exceden los dos metros de alto.

Bombeo de la superficie: el bombeo sirve para evacuar el agua hacia las cunetas que no corra longitudinalmente sobre la superficie. Es la pendiente que se le da al camino, para evitar que el agua de lluvia se estanque en la superficie y ocasione problemas de infiltración en las capas de sub-base y sub-rasante, provocando saturación del terreno y ablandándolo; lo cual generará daños al pavimento. El bombeo utilizado en caminos pavimentados varía desde 1/2 % a 3%, en este proyecto se utilizó un bombeo de 3%.

2.2.8.2. Drenaje transversal

Son tuberías que se colocan para desalojar el agua que viene de las cunetas o de arroyos. Se encuentran a lo largo de la carretera, son necesarias en tramos de corte y sirven para conducir agua al otro lado de la carretera.

Se compone de las siguientes partes: caja recolectora de caudal, que recibe el agua proveniente de la ladera de la carretera para trasladarla a la tubería; muro cabezal de salida, protege la tubería y el relleno de la carretera para que no se erosione y si la pendiente del terreno en corte es muy fuerte, se colocan, adicionalmente, disipadores de energía al final de la tubería que servirán para que el agua que desfoga no erosione el suelo y provoque hundimientos.

Para el cálculo del caudal con el que se diseñan los drenajes transversales se utilizó el método racional, donde se asume que el caudal máximo, para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima.

Para lograr esto, la tormenta máxima (de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración). En los planos se encuentran las secciones típicas de los drenajes transversales a utilizar.

Para el cálculo del caudal con el que se diseñan los drenajes transversales se utilizó el método racional, donde se asume que el caudal máximo, para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima.

Para lograr esto, la tormenta máxima (de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración).

Determinación del diámetro para el drenaje transversal; las fórmulas a utilizar son las siguientes:

$$Q = \frac{CIA}{3,60}$$

Q = caudal de diseño en m³/seg.

A = área drenada de la cuenca en km².

I_{Tr} = intensidad de lluvia en mm/hora.

C = coeficiente de escorrentía.

Los parámetros para la intensidad de lluvia los proporciona el INSIVUMEH, según la región en estudio. La intensidad de lluvia está dada por la fórmula siguiente:

$$I_{Tr} = \frac{A}{(B+t)^n}$$

I_{Tr} es la intensidad de lluvia [mm/hr], asociada a una frecuencia de ocurrencia, representada por el período de retorno (Tr), t es la duración [min], A , B y n son parámetros de ajuste.

El tiempo de concentración del área tributaria puede estimarse mediante fórmulas que se basan en parámetros morfométricos de las cuencas o en base a aspectos hidráulicos de las corrientes. Uno de las fórmulas utilizadas en nuestro medio es la de KIRPICH, que usa el desnivel y longitud del cauce.

$$t_c = \frac{3L^{1,15}}{154H^{0,38}}$$

L [m] es la longitud del cauce desde la cabecera de la cuenca tributaria y H [m] es el desnivel de dicho cauce.

El coeficiente de escorrentía C , se estima a base de las características hidrogeológicas de las cuencas.

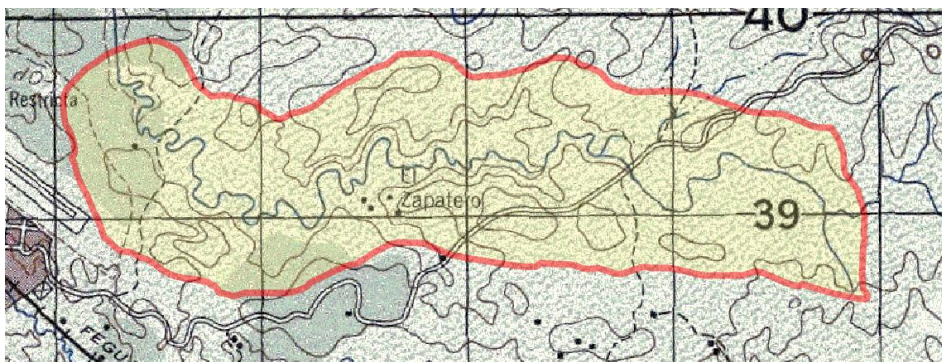
Tabla XXV. **Valores indicativos del coeficiente de escorrentía.**

Uso del suelo	Pendiente del terreno	Capacidad de infiltración del suelo		
		Alto (suelos arenosos)	Medio (suelos francos)	Bajo (suelos arcillosos)
Tierra agrícola	< 5 %	0.30	0.50	0.60
	5 – 10 %	0.40	0.60	0.70
	10 – 30 %	0.50	0.70	0.80
Potreros	< 5 %	0.10	0.30	0.40
	5 – 10 %	0.15	0.35	0.55
	10 – 30 %	0.20	0.40	0.60
Bosques	< 5 %	0.10	0.30	0.40
	5 – 10 %	0.25	0.35	0.50
	10 – 30 %	0.30	0.50	0.60

Fuente: National Engineering Handbook, Sec. 4: Hydrology, USDA, 1972.

Una vez conocido el tiempo de concentración, este valor se usa para estimar la intensidad de lluvia para el período de retorno deseado. Conociendo los parámetros de las ecuaciones respectivas, para el sitio de interés, simplemente se ingresa en la ecuación el valor de t_c .

Figura 67. **Área de influencia de la cuenca**



Fuente: Municipalidad de Puerto Barrios.

L = 1 665 m

H = 50 m

A = 5,5 km²

C = 0,50. Que es el coeficiente de escorrentía indicado para regiones de tierras agrícolas.

Tiempo de concentración en minutos (t):

$$t_c = \frac{3*1\ 665^{1,15}}{154*50^{0,38}} = 22,32 \text{ min.}$$

Intensidad de lluvia para un período de diseño de 20 años, los valores se obtienen de los parámetros hidrológicos de la estación de Puerto Barrios.

Tabla XXVI. **Parámetros A, B y n de la ecuación de intensidad de lluvia**

PUERTO BARRIOS								
Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
A	2 405	4 850	13 630	11 910	11 680	11 580	11 380	11 240
B	10	18	31	30	30	30	30	30
n	0,855	0,933	1,1	1,069	1,063	1,06	1,055	1,05
R2	0,994	0,992	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989	0,989

Fuente: Insivumeh.

Tr = período de retorno (años). R2 = coeficiente de determinación (-). (Estación Puerto Barrios).

$$I_{Tr} = \frac{11\ 910}{(30+22,32)^{1,069}} = 173,24 \text{ mm/hr}$$

Caudal de la cuenca:

$$Q = \frac{0,50 \cdot 173,24 \cdot 5,5}{360} = 1,32 \text{ m}^3/\text{s}$$

Diámetro de la tubería:

Utilizando $n = 0.017$ (tubería de H.G.)

$$D = \left(\frac{Q \cdot 4^{5/3} \cdot n}{S^{1/2} \cdot \pi} \right)^{3/8} = \left(\frac{1,32 \cdot 4^{5/3} \cdot 0,017}{\left(\frac{50}{1665} \right)^{1/2} \cdot \pi} \right)^{3/8} = 0,72 \text{ m} = 28,35 \text{ plg.}$$

La dirección general de caminos recomienda utilizar un diámetro mínimo de 30" para efectos de mantenimiento. Por lo tanto se utilizó un diámetro de 30".

2.2.9. Elaboración de planos de proyecto

El proyecto consta de 7 planos:

- Planta general
- Planta-perfil
- Secciones transversales y tabla de volúmenes
- Plano de detalles

2.2.10. Presupuesto

El presupuesto se elaboró aplicando los criterios del caso anterior, en cuanto a costos indirectos se aplicó el 30 %.

Tabla XXVII. Presupuesto carretera hacia El Corozo

Renglon No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO		COSTO TOTAL
1	Limpia, Chapeo y Destronque	m2	24300	Q	0.24	Q 5,919.04
2	Replanteo Topografico	ml	3040	Q	1.11	Q 3,359.20
3	Excavacion no clasificada	m3	7051.00	Q	25.68	Q 181,072.62
4	Excavación no clasificada de prestamo	m3	1623.00	Q	31.74	Q 51,506.88
5	Conformacion de Subrasante	m2	16720.00	Q	6.89	Q 115,192.11
6	Base granular	m3	1976.00	Q	123.76	Q 244,545.34
7	Drenajes transversales					
7.1	Excavación	m3	155.10	Q	56.48	Q 8,759.70
7.2	Tubería galvanizada corrugada de 30 "	ml	90.50	Q	446.27	Q 40,387.20
7.3	Concreto ciclópeo	m3	120.00	Q	1,767.40	Q 212,088.50
8	Pavimento rígido	m3	2508.00	Q	2,074.42	Q 5,202,643.97
9	Cunetas revestidas	ml	6080.00	Q	117.31	Q 713,252.68
10	Transporte de maquinaria	global	4.00	Q	832.00	Q 3,328.00
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 6,782,055.23
	COSTO TOTAL POR KM					Q 2,230,939.22

Fuente: elaboracion propia.

CONCLUSIONES

1. La cabecera Municipal de Puerto Barrios presenta problemas en cuanto a disposición de locales para uso comercial, dándose el caso de que las ventas se ubican en las calles, esto provoca dificultad de tránsito. Por lo que el edificio de dos niveles para locales comerciales, propuesto, disminuiría esta problemática, trasladando las ventas a un lugar específico.
2. En la aldea El Corozo existe una carretera de terracería, la cual actualmente está en mal estado, esto provoca en los pobladores de dicha aldea el no poderse trasladar a sus lugares de trabajo; por lo que la carretera y pavimentación hacia la aldea El Corozo, propuesto, disminuiría esta problemática, ayudando a los pobladores en su crecimiento socioeconómico.
3. La sostenibilidad de cualquier proyecto de infraestructura, es fundamental, ya que a través de esta, tanto la durabilidad como el buen uso garantiza el buen funcionamiento, por tal razón la capacitación que se impartió a los miembros del COCODE de la aldea El Corozo, sobre el mantenimiento de cunetas, drenajes transversales y limpieza, permitirá que se mantenga en buen estado.

4. La realización del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) complementa la formación académica del estudiante de ingeniería, en la parte práctica, ya que permite aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación académica, además el hecho de salir hacia las comunidades más pobres del país, hace tomar conciencia de la realidad nacional.

RECOMENDACIONES

- 1 A la Municipalidad de Puerto Barrios, Izabal; al edificio municipal de Puerto Barrios, se le debe dar el uso para el cual fue diseñado para no alterar las características y condiciones de diseño.
- 2 Garantizar la supervisión técnica, a través de un profesional de la Ingeniería Civil, al momento de ejecutar los proyectos, para que se obtenga la calidad de la obra y se cumplan las especificaciones técnicas contenidas en planos.
- 3 Impartir programas de capacitación, hacia los pobladores de la aldea El Corozo, acerca del uso y mantenimiento de la carretera, para garantizar su buen funcionamiento y vida útil.
- 4 No permitir que se introduzcan modificaciones a los planos de los proyectos, para no afectar los diseños de los mismos.
- 5 Actualizar los presupuestos de los proyectos de la edificación y carretera, previa a la construcción, ya que estos están sujetos a cambios por variación en los precios de los materiales.

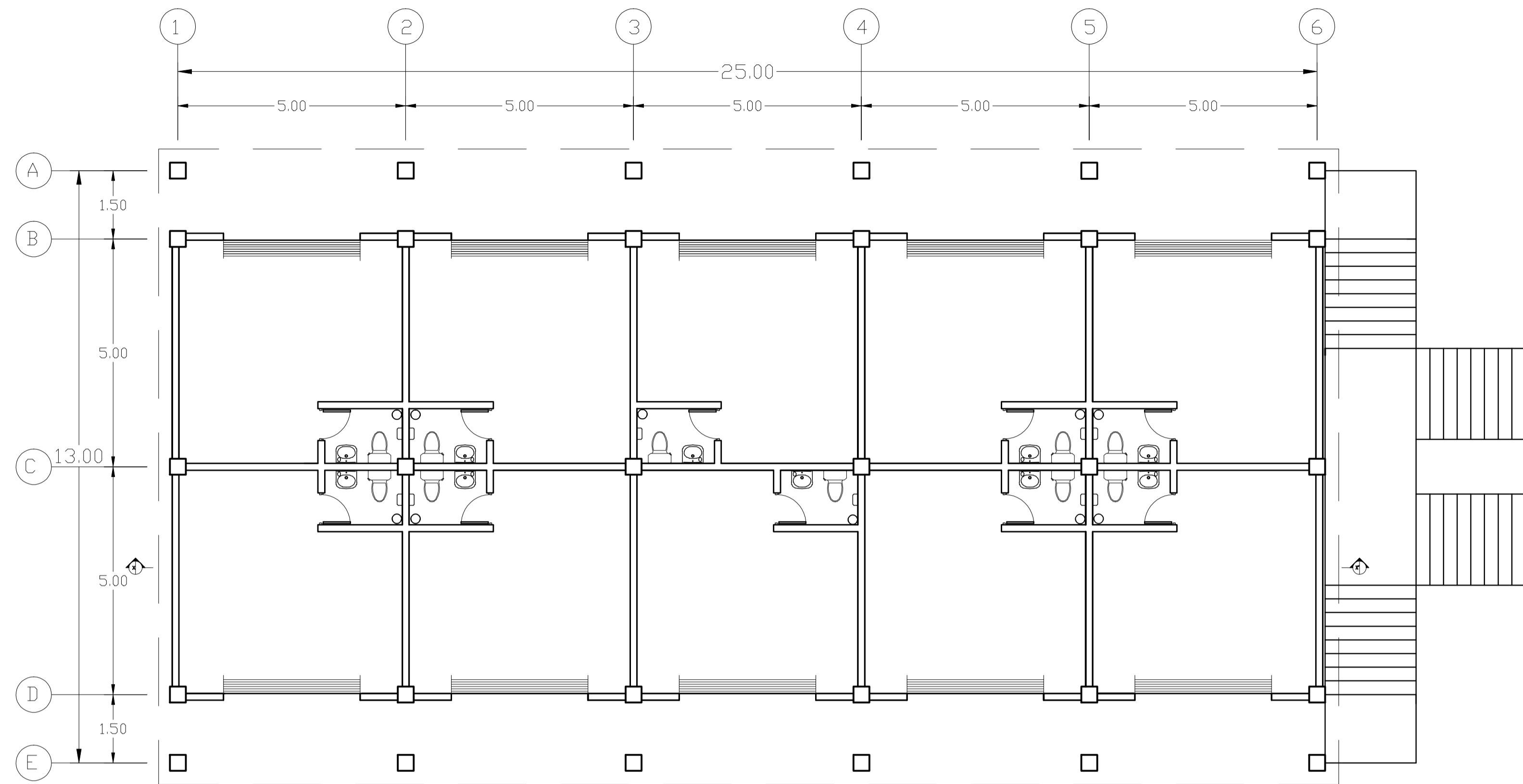
BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute (ACI). *Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario*. ACI 318S-05. USA: Farmington Hills, 2005. 492 p.
2. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5ª ed. México: Limusa, 2004. 640 p.
3. HIBBELER, Russel Charles. *Análisis estructural*. 3ª ed. México: Prentice Hall, 1997. 730 p.
4. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: MICIV, 2000. 723 p.
5. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12ª ed. Colombia: McGraw Hill, 1999. 738 p.
6. PASTOR CAAL, Herbert Estuardo. Diseño de la carretera hacia la comunidad Cerro Verde y puente vehicular para la comunidad Pampur la Providencia, municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 123 p.

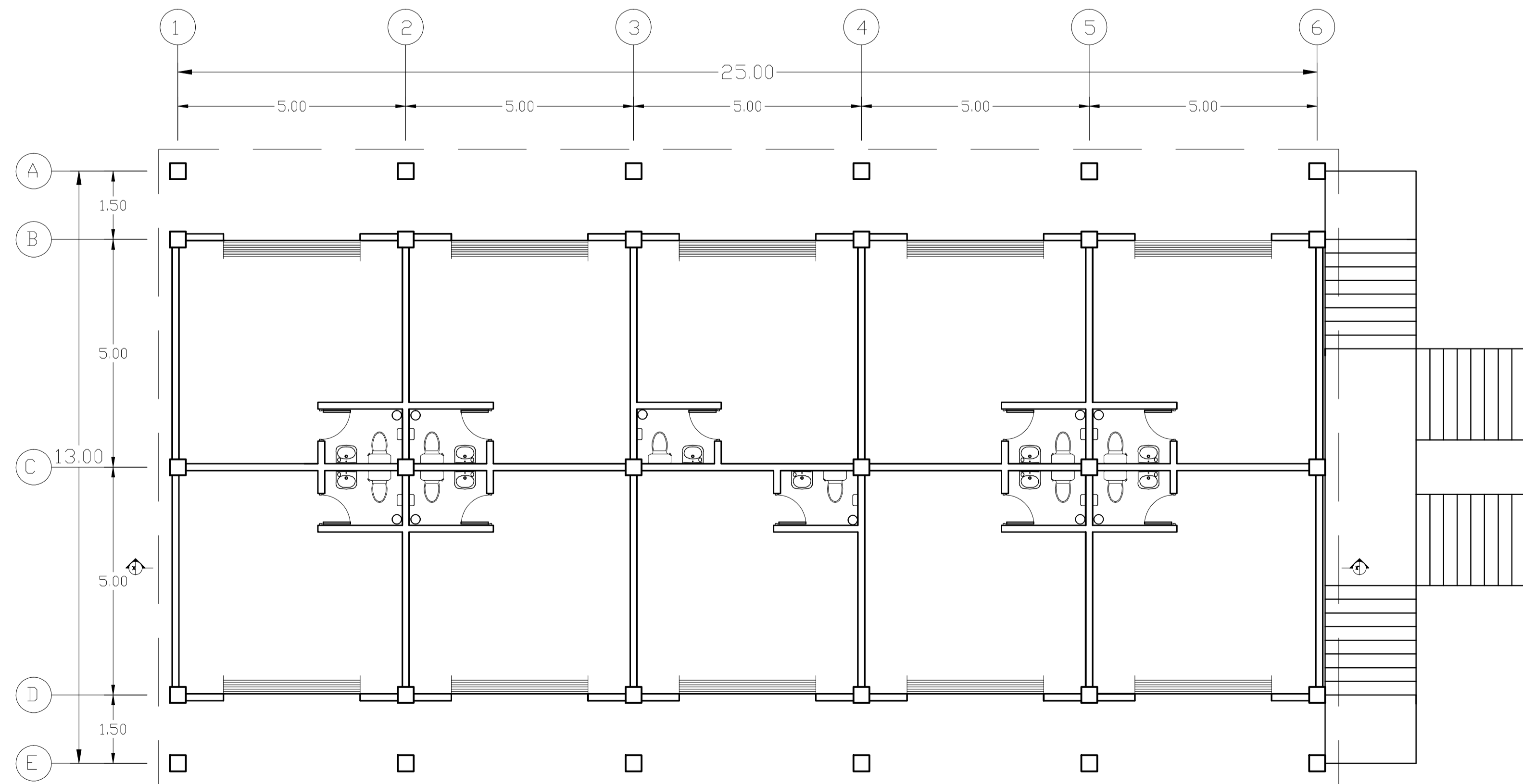
7. RONQUILLO MARROQUÍN, María Soledad. Rehabilitación, mejoramiento y diseño de pavimento del tramo carretero de Guajaqueño, municipio San Antonio Huista a Tres Caminos, municipio Unión Cantinil, Huehuetenango. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 189 p.

Apéndice


(Planos constructivos edificio municipal y carretera hacia la aldea El Corozo)

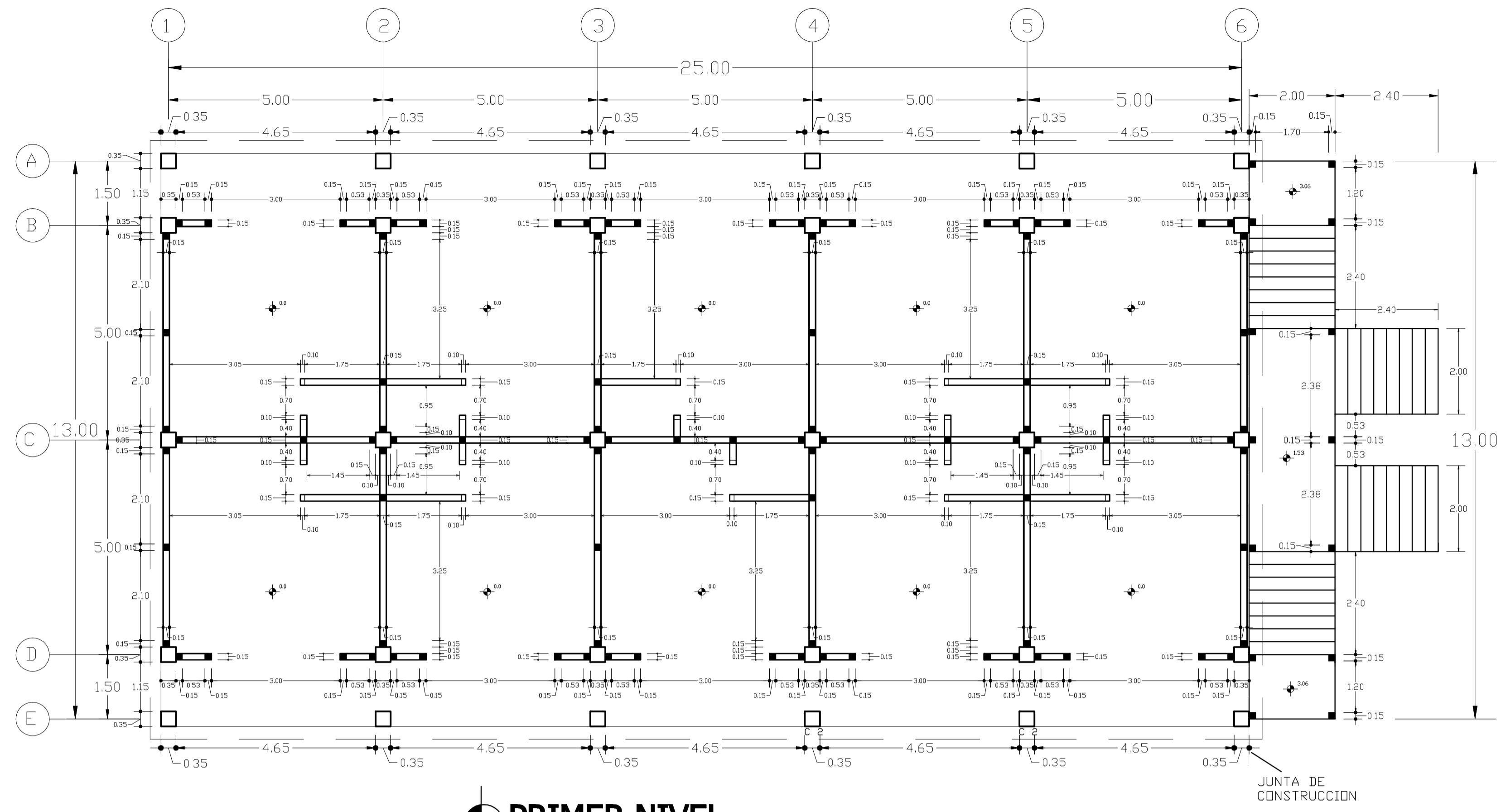


PRIMER NIVEL 1/75

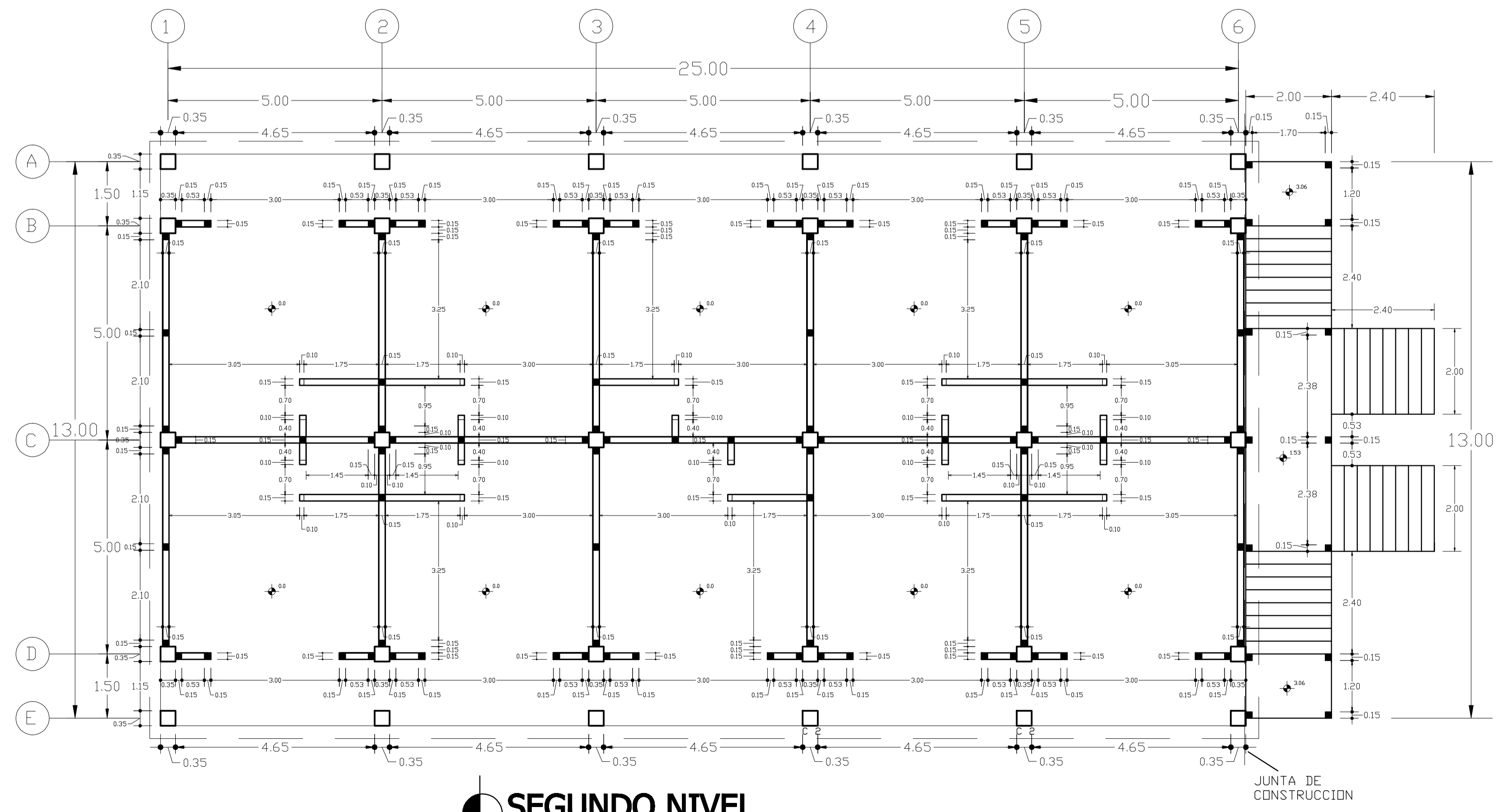


SEGUNDO NIVEL 1/75


 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL		
PROYECTO: DISEÑO DE LA EDIFICACION DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES, PUERTO BARRIOS, IZABAL	ESCALA: INDICADA	
CONTENIDO: PLANTA AMUEBLADA	FECHA: MAYO / 2011	
ASISOR DE REDACCION: ING. JUAN MERCK	DISEÑO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE	HOJA No.: 1 / 12
DESENHO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE	CALCULO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE	
Div. Plan. Azeite Alcalde Municipal		Ing. Juan Merck Cos Asesor EPS.

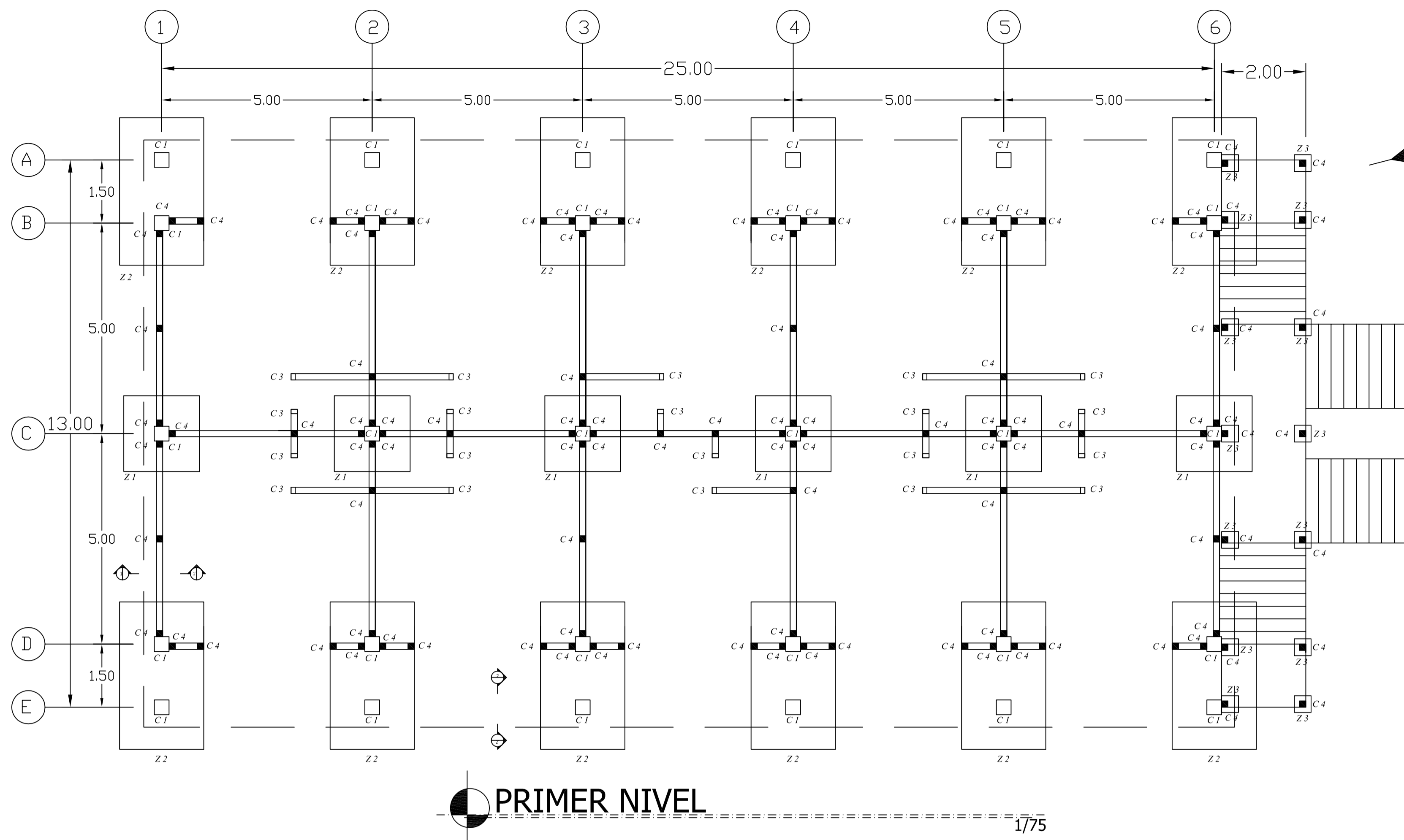


PRIMER NIVEL
175



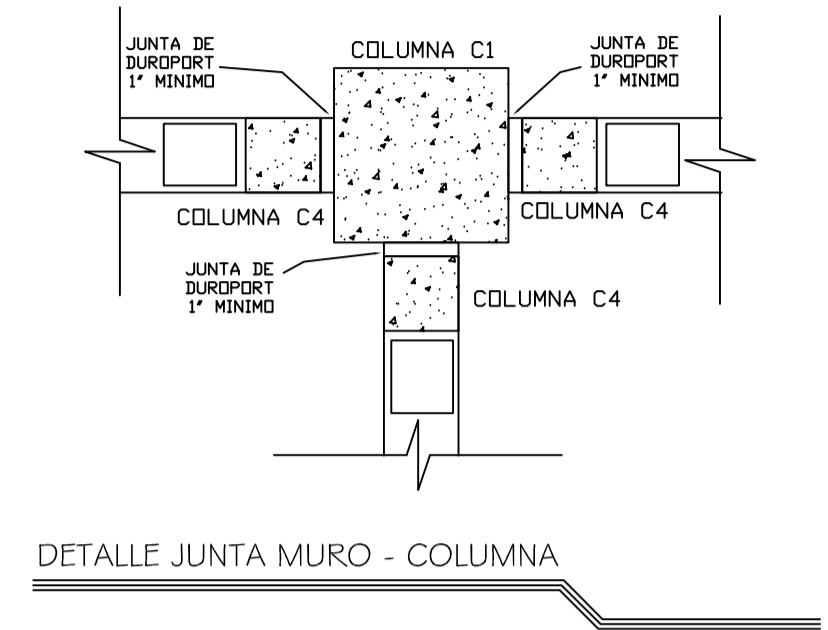
SEGUNDO NIVEL
175

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL		
PROYECTO: DISEÑO DE LA EDIFICACION DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES, PUERTO BARRIOS, IZABAL	ESCALA: INDICADA	
CONTENIDO: PLANTA ACOTADA	FECHA: MAYO / 2011	
ASISOR DE NACIÓN: ING. JUAN MERCK	DISEÑO: FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE	HOJA No.: 2 / 12
DESENHO: FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE	CALCULO: FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE	
David Pineda Acevedo Alcalde Municipal		Ing. Juan Merck Cos Asesor E.P.S.



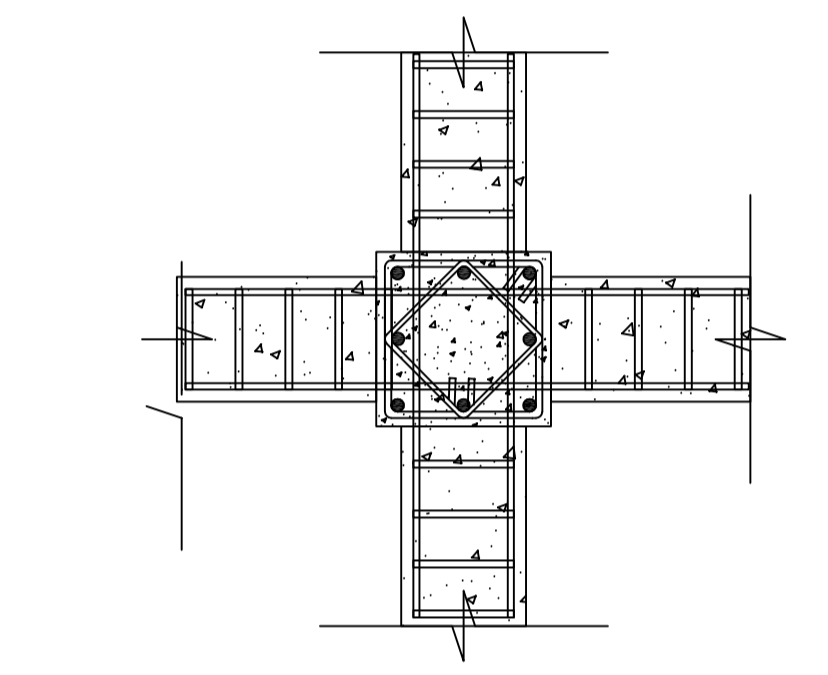
PRIMER NIVEL

1775



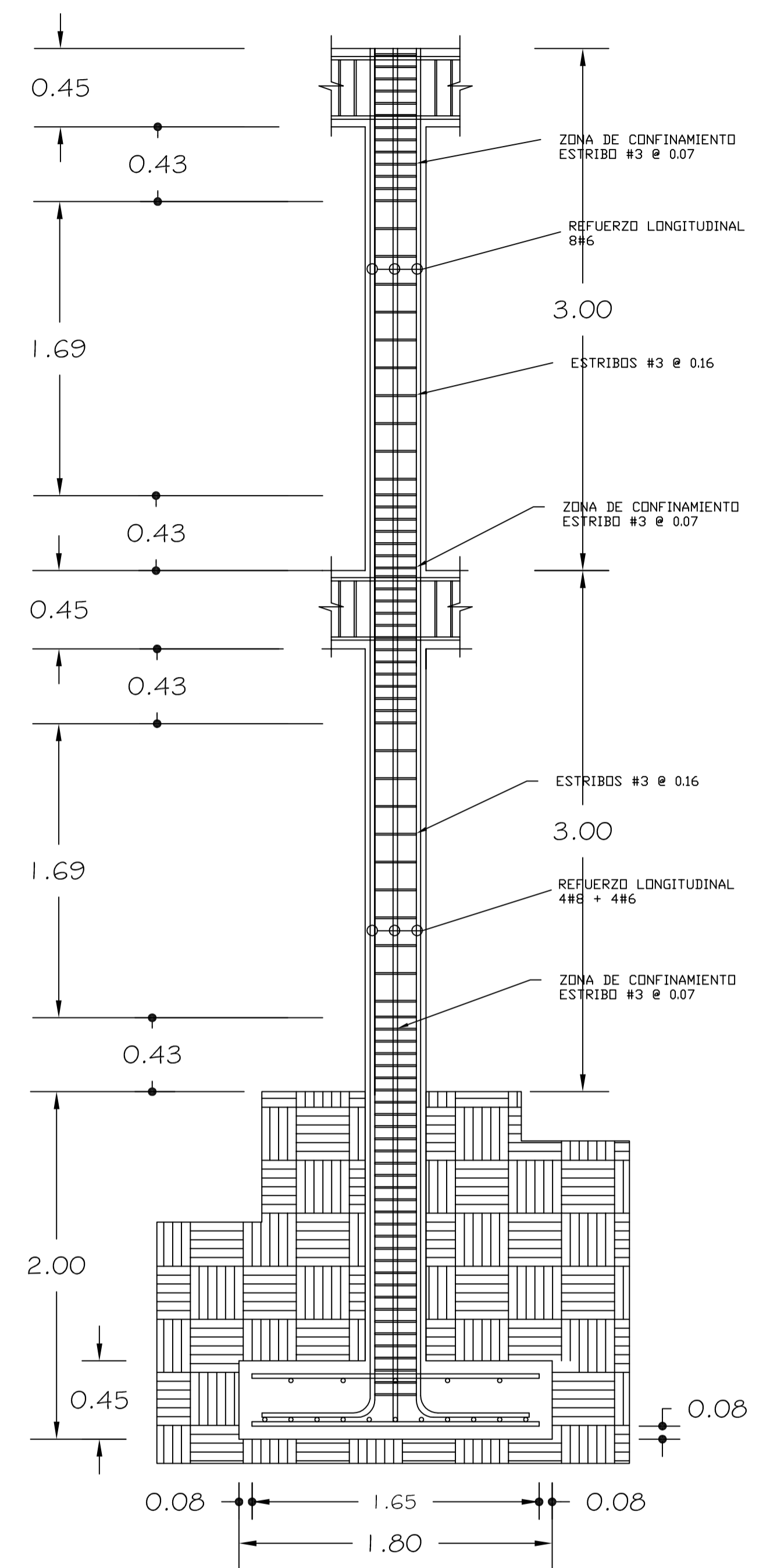
DETALLE JUNTA MURO - COLUMNA

ESCALA: 1:15



PLANTA VIGA - COLUMNA

ESCALA: 1:15



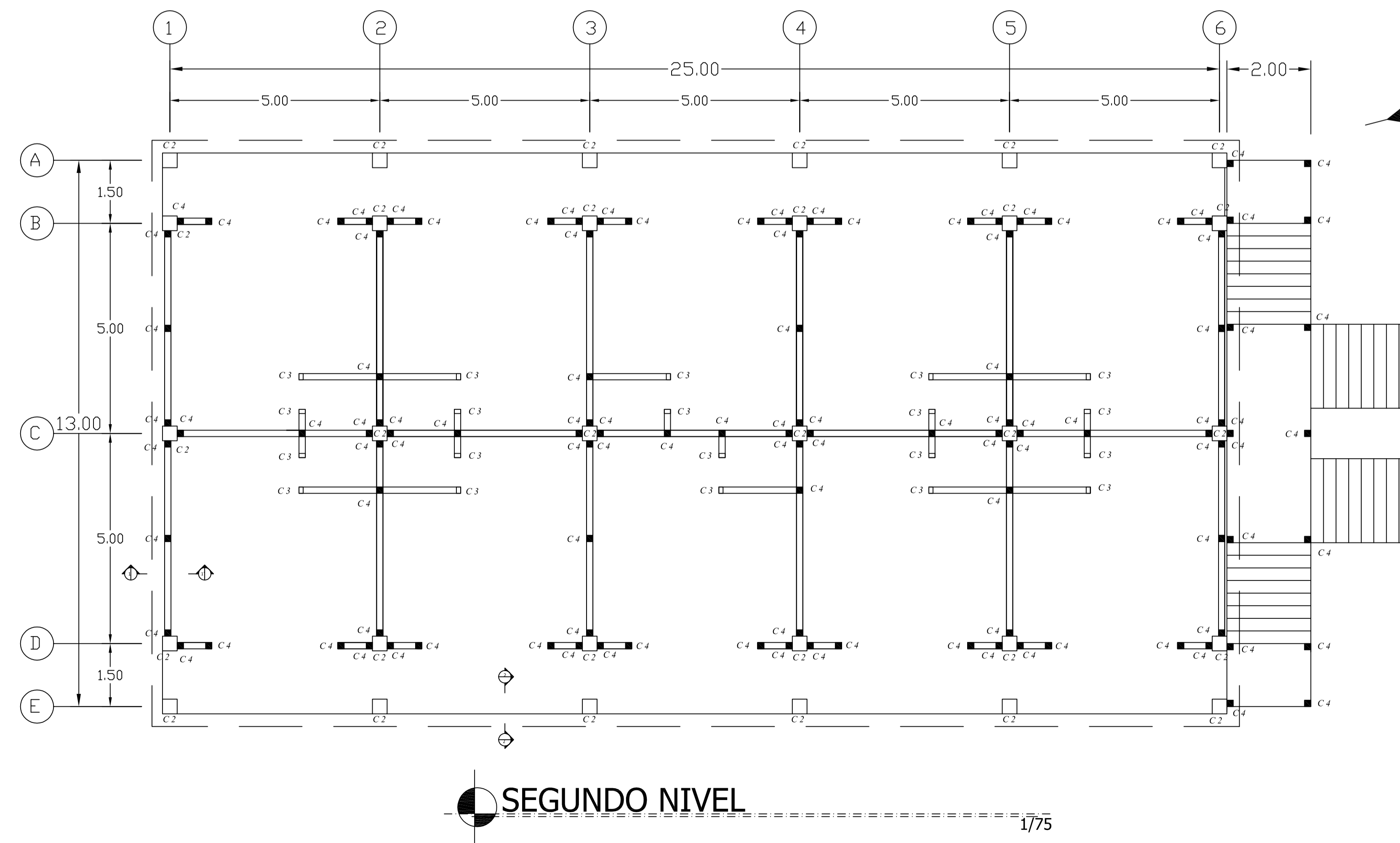
DETALLE DE COLUMNAS

ESCALA: 1:25

SIMBOLOGIA	
	MURO BLOCK
	COLUMNAS EN MUROS
	CIMIENTO CORRIDO
	COLUMNA PRINCIPAL
	INDICA TIPO DE ELEMENTO
	CIMIENTO CORRIDO

NOTA 1:
VER HOJA 6 PARA LOS
DETALLES DE ARMADO
Y ESPECIFICACIONES.

NOTA 2:
V.S. = 30.83 Ton/m² (Triaxial). Previa a la
construcción del edificio comprobar valor
soporte, preferiblemente a través de un
ensayo dinamico (STP).



SEGUNDO NIVEL

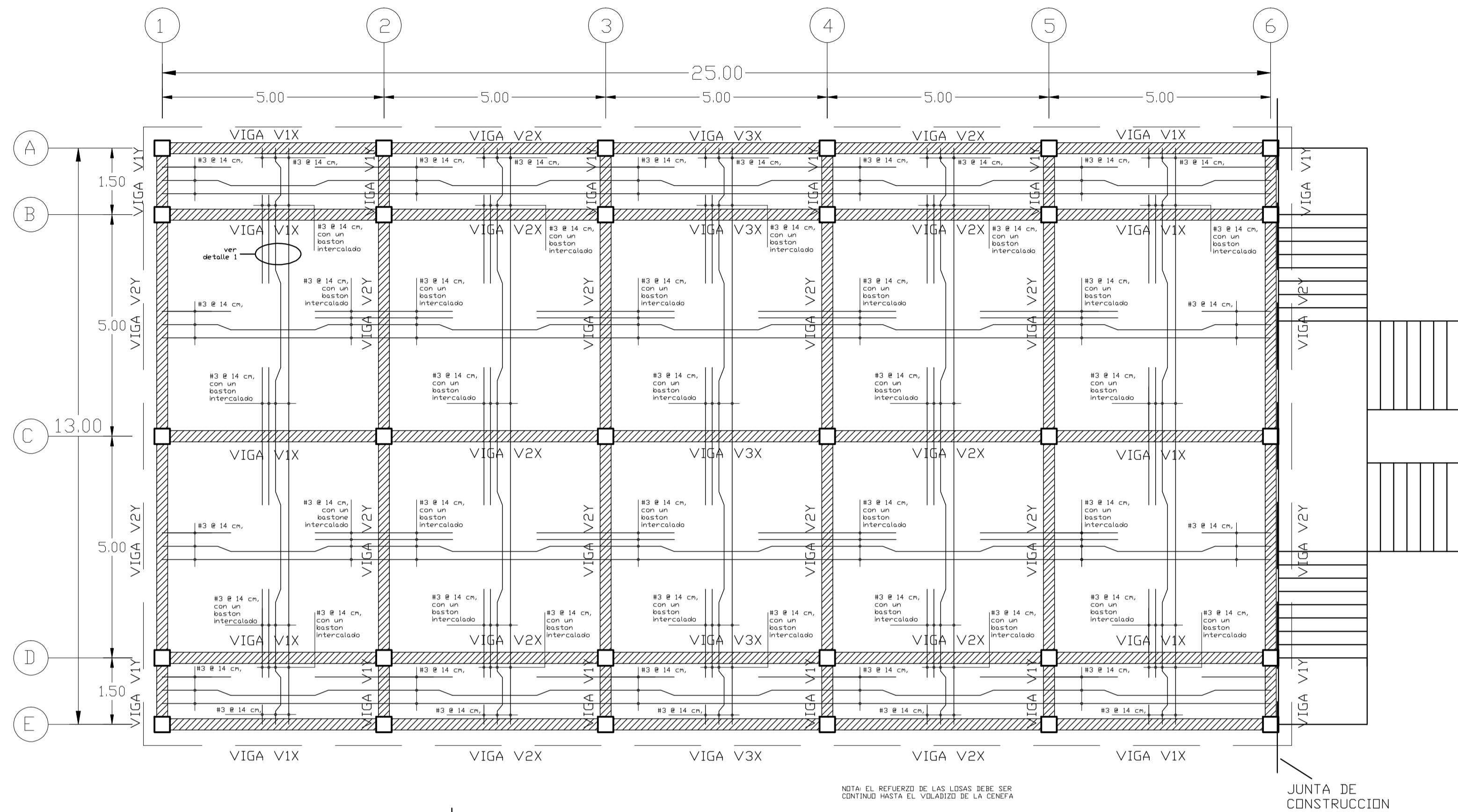
1775

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

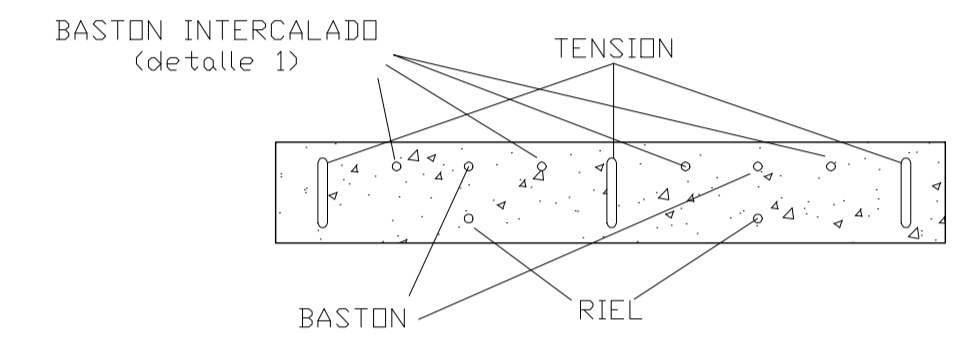
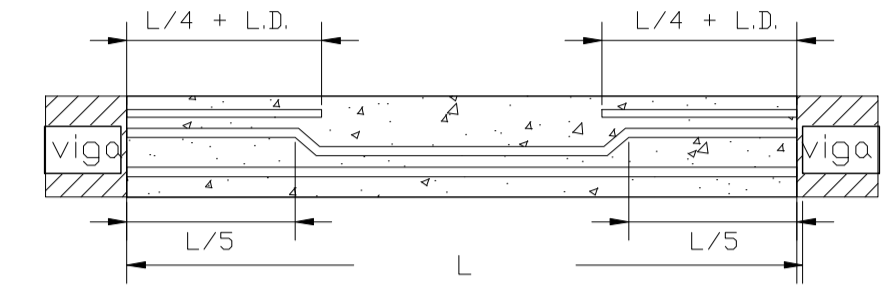
PROYECTO:	DISEÑO DE LA EDIFICACION DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES, PUERTO BARRIOS, IZABAL.	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	PLANO DE CIMENTACIONES Y COLUMNAS	FECHA:	MAYO / 2011
ASESOR DE REGION:	ING. JUAN MERCK	DISEÑO:	FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE
DIBUJO:	FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE	CALCULO:	FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE
		HOJA No.	3
			12

Diseño: Pineda Acosta
Alcalde Municipal

Ing. Juan Merck Con
Asesor E.P.S.



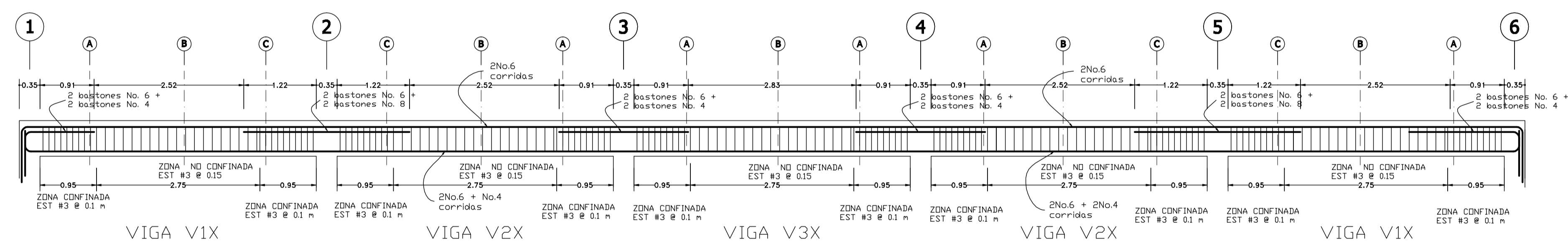
L.D.=LONGITUD DE DESARROLLO
(VER TABLAS SEGUN DIAMETRO)



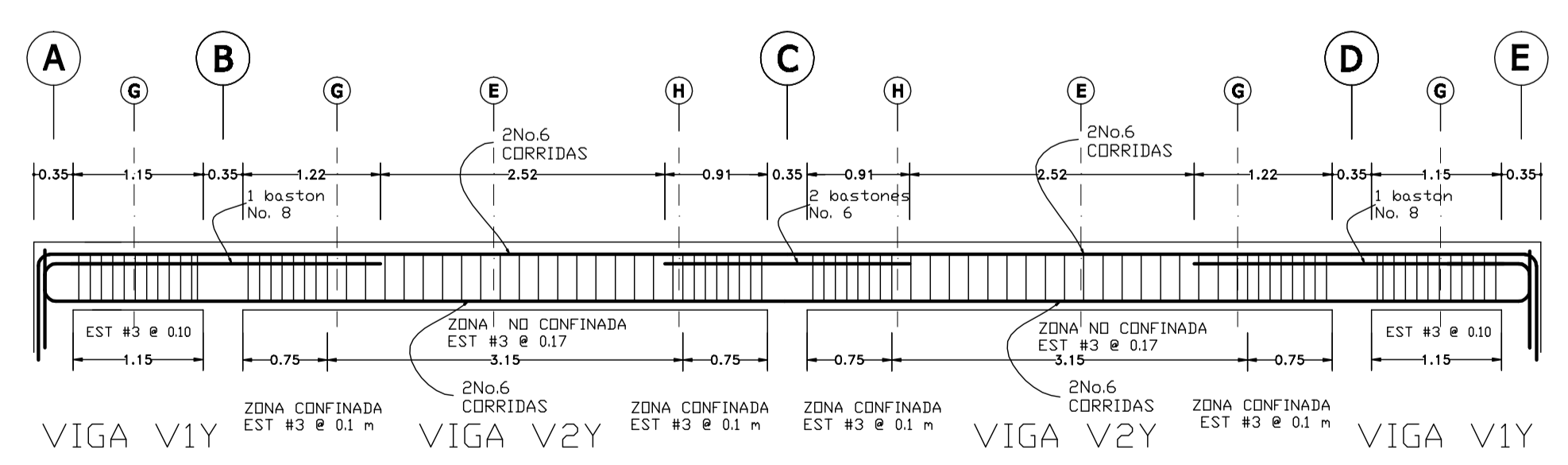
DETALLE DE ARMADO DE LOSAS

ESCALA: 5/8

PRIMER NIVEL
1/75

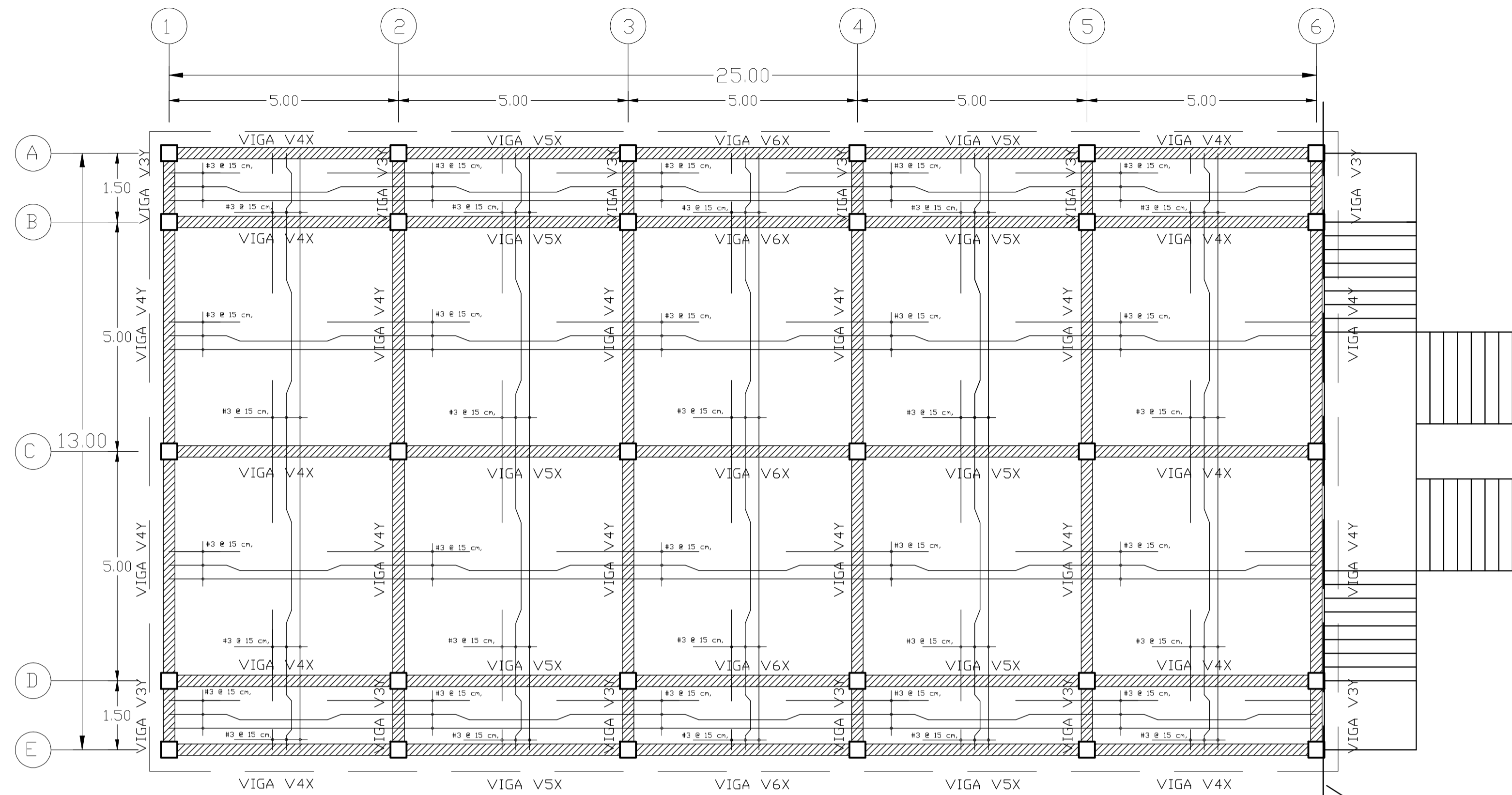


DETALLE DE VIGAS MARCO X NIVEL 1
1/50



DETALLE DE VIGAS MARCO Y NIVEL 1
1/50

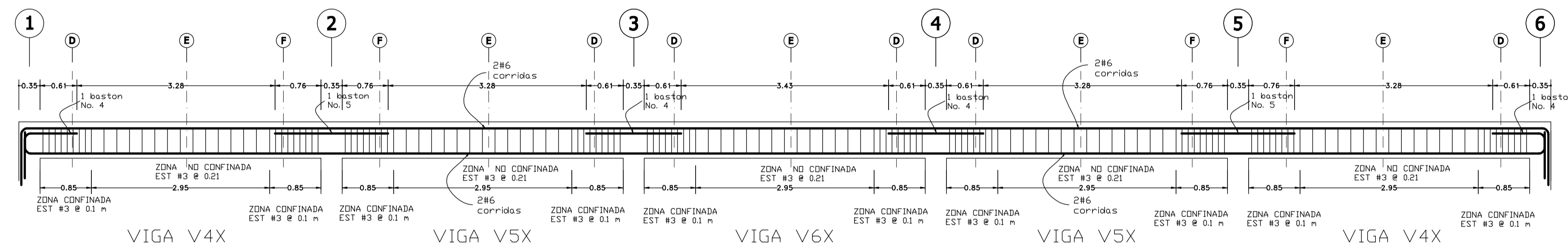
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL		
PROYECTO: DISEÑO DE LA EDIFICACION DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES, PUERTO BARRIOS, IZABAL.	ESCALA: INDICADA	
CONTENIDO: PLANO DE LOSAS Y DETALLES DE VIGAS	FECHA: MAYO / 2011	
ASesor DE REVISION: ING. JUAN MERCK	DISEÑO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE	HOJA No. 4
DIBUJO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE	CALCULO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE	12
Div. José María Acevedo Alcalde Municipal		Ing. Juan Merck Con Asesor EPS.



NOTA: EL REFUERZO DE LAS LOSAS DEBE SER CONTINUO HASTA EL VOLADIZO DE LA CENEFA

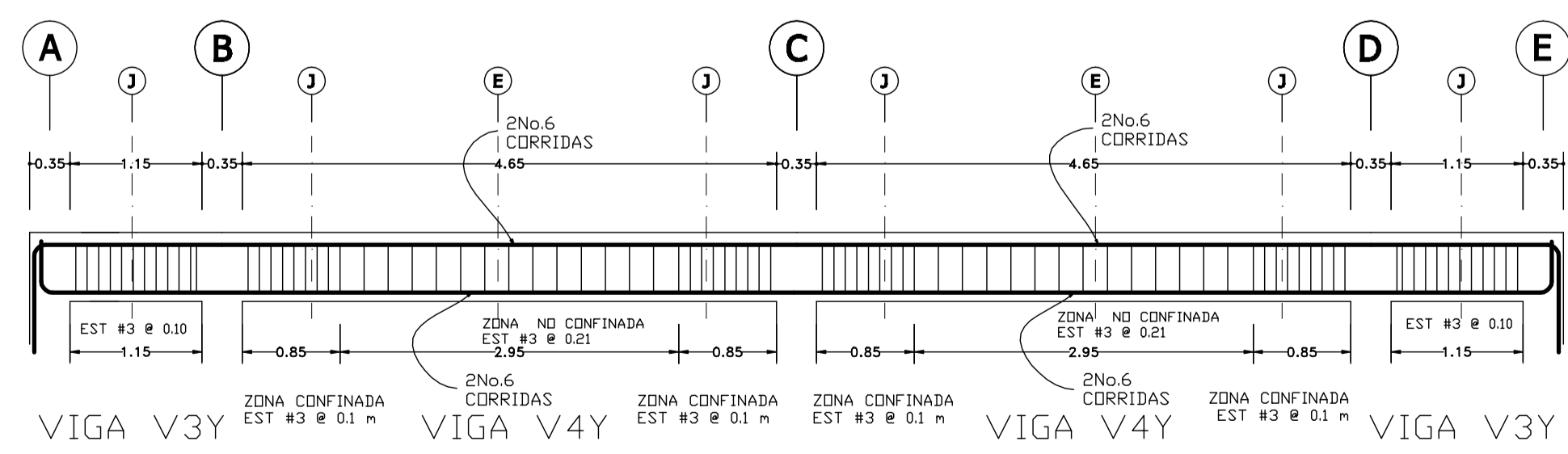
SEGUNDO NIVEL

1/75



DETALLE DE VIGAS MARCO X NIVEL 2

1/50



DETALLE DE VIGAS MARCO Y NIVEL 2

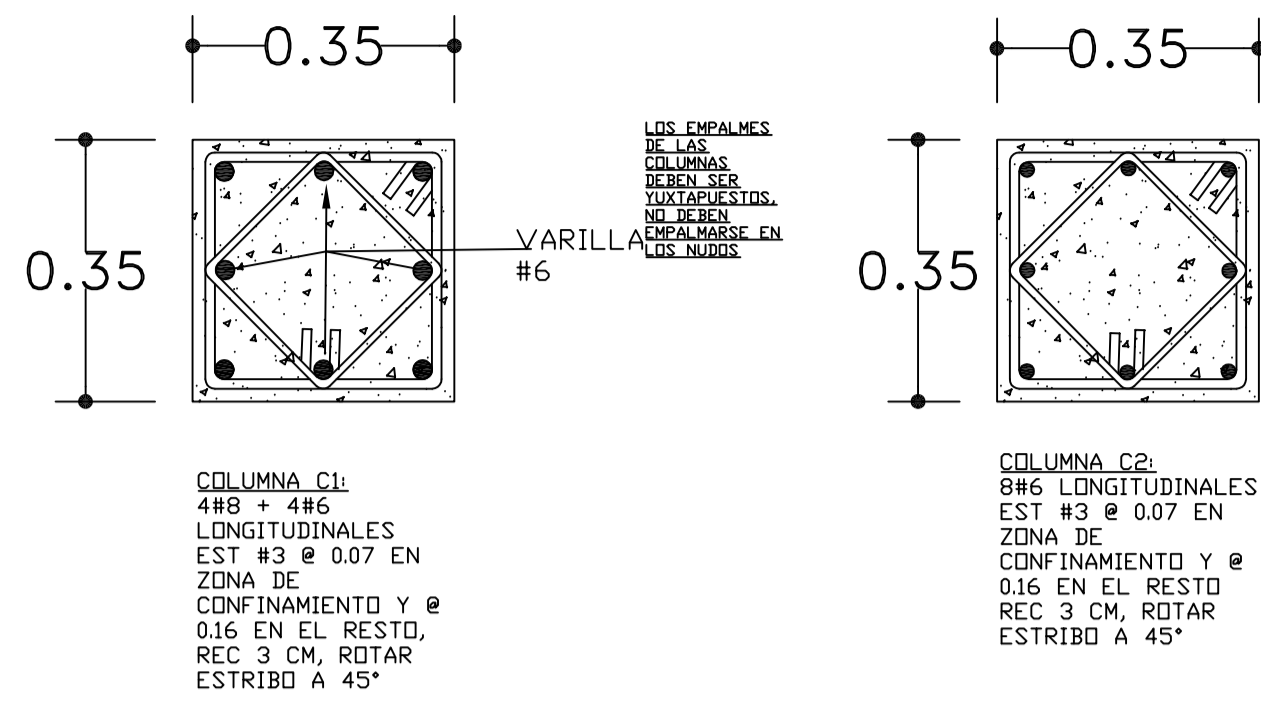
1/50

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

PROYECTO: DISEÑO DE LA EDIFICACION DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES, PUERTO BARRIOS, IZABAL	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANO DE LOSAS Y DETALLES DE VIGAS	FECHA: MAYO / 2011
ASISOR DE NIVELACION: ING. JUAN MERCK	DISEÑO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE
DIBUJO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE	CALCULO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE
	HOJA No. 5
	12

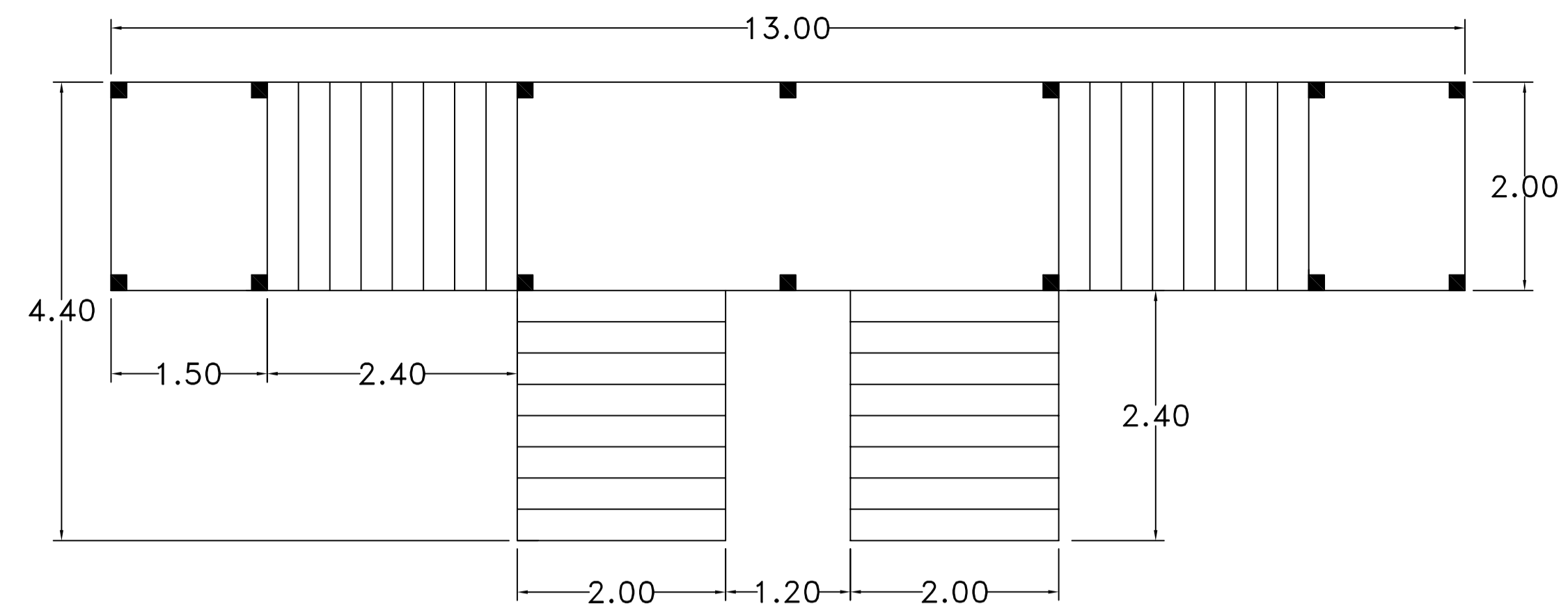
Dir. José María Acevedo
 Alcalde Municipal

Ing. Juan Merck Conde
 Asesor EPS.



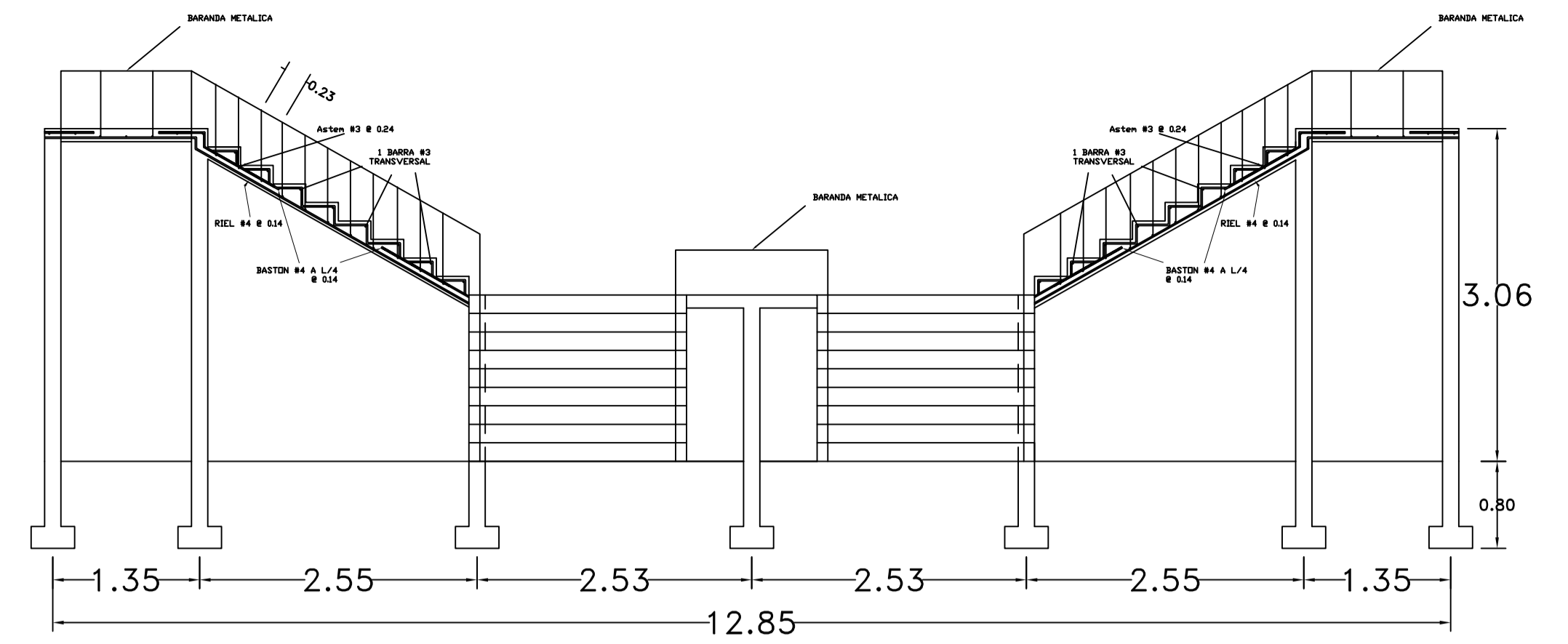
DETALLE DE COLUMNAS PRINCIPALES

ESCALA: 1:10



PLANTA MODULO DE GRADAS

1/50



ELEVACION FRONTAL MODULO DE GRADAS

1/50

ESPECIFICACIONES:

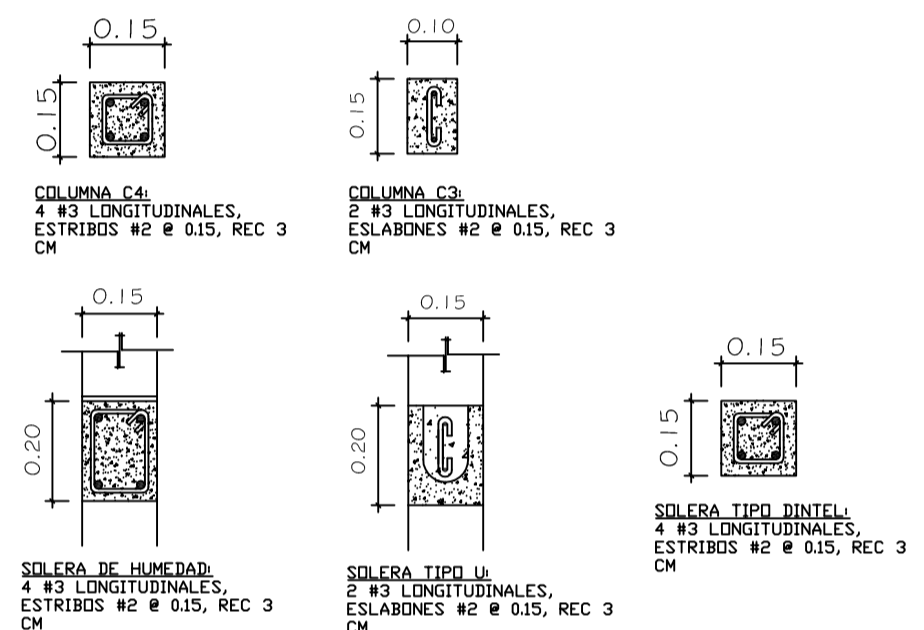
LOS MUROS NO DEBEN ANCLARSE A LAS COLUMNAS NI VIGAS POR NINGUN MOTIVO, EL MODULO DE GRADAS ES INDEPENDIENTE A LOS MARCOS DE CONCRETO. COLOCAR JUNTAS DE DUROPORT EN DICHAS UNIONES, VER DETALLES.

LAS TUBERIAS NO DEBEN ATRAVESAR LAS COLUMNAS O VIGAS.

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO
REFUERZOS DE HIERRO: $F_y=2810 \text{ kg/cm}^2$ (G40) LEGITIMO
CONCRETO: $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (3000 psi).
MURDS: F_m 35 kg/cm^2 , 0.15x0.20x0.40
AGREGADO GRUESO: 1/2" TRITURADO
PROPORCION MORTERO PARA LEVANTADO DE MUROS: 1:3
SE CALCULO UN VALOR SOPORTE DE 3083 T/m²
MEDIANTE ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL VERIFICAR
EL VALOR SOPORTE DEL SUELO PREVIA LA
CONSTRUCCION DEL EDIFICIO.
CARGAS VIVAS (TEMADAS DEL CODIGO AGIES): 100kg/m²
EN TECHOS, 350kg/m² EN ALMACENES MINORISTAS O
LOCALES Y 500kg/m² EN GRADAS Y PASILLOS.

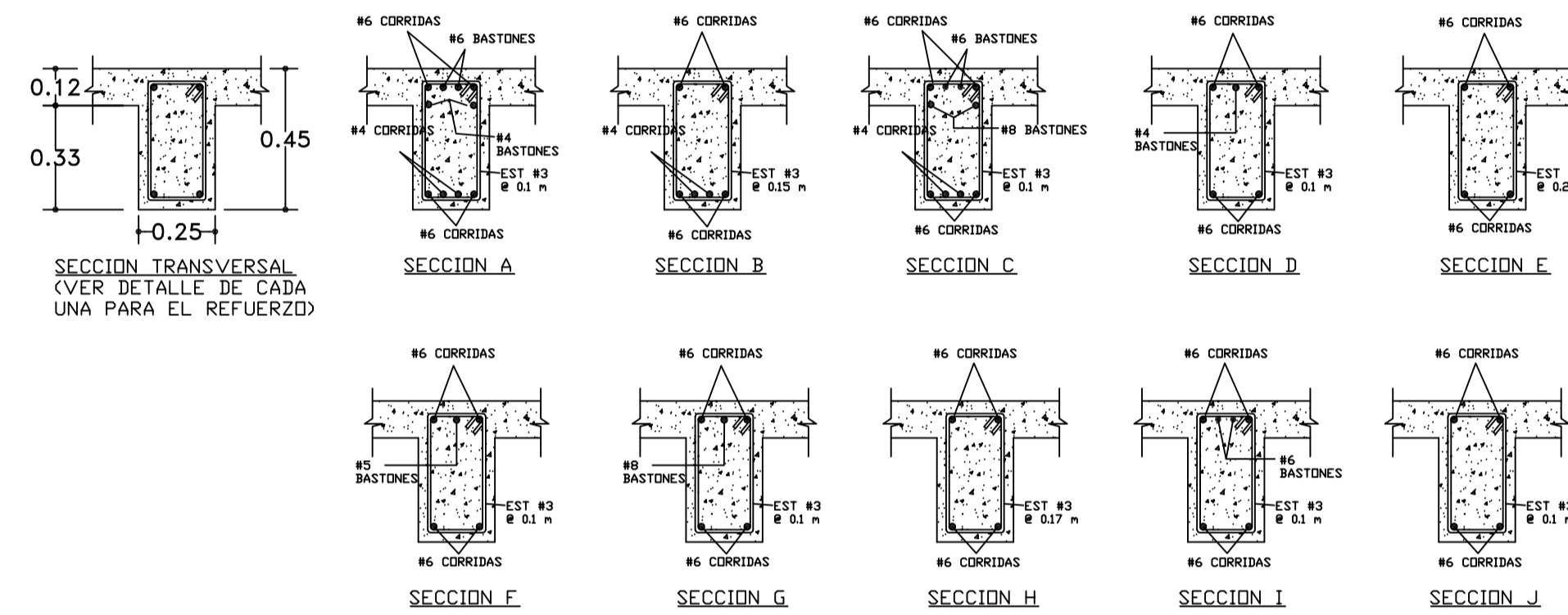
LOS TRASLAPES Y LA LONGITUD DE DESARROLLO (L_d)
HAN DE SER POR LO MENOS 48 VECES EL DIAMETRO DEL
REFUERZO A EMPALMAR Para #3 35 cm, #4 50 cm, #5 60
cm, #6 75, #8 120 cm, LOS GANCHOS A 90° PARA
ELEMENTOS A FLEXION DEBE SER: 110M PARA #3, 14 CM
PARA #4, 18CM PARA #5, 22 CM PARA #6 Y 30 CM PARA
#8, O SEGUN SE ESPECIFIQUE EN PLANDS. LOS GANCHOS
A 135° DEBEN TENER UNA LONGITUD DE 8CM MINIMO
DENTRO DEL ELEMENTO.

LAS LOSAS DEL SEGUNDO NIVEL NO HAN SIDO DISEÑADAS
PARA LA INSTALACION DE TANQUE SISTEMNA.



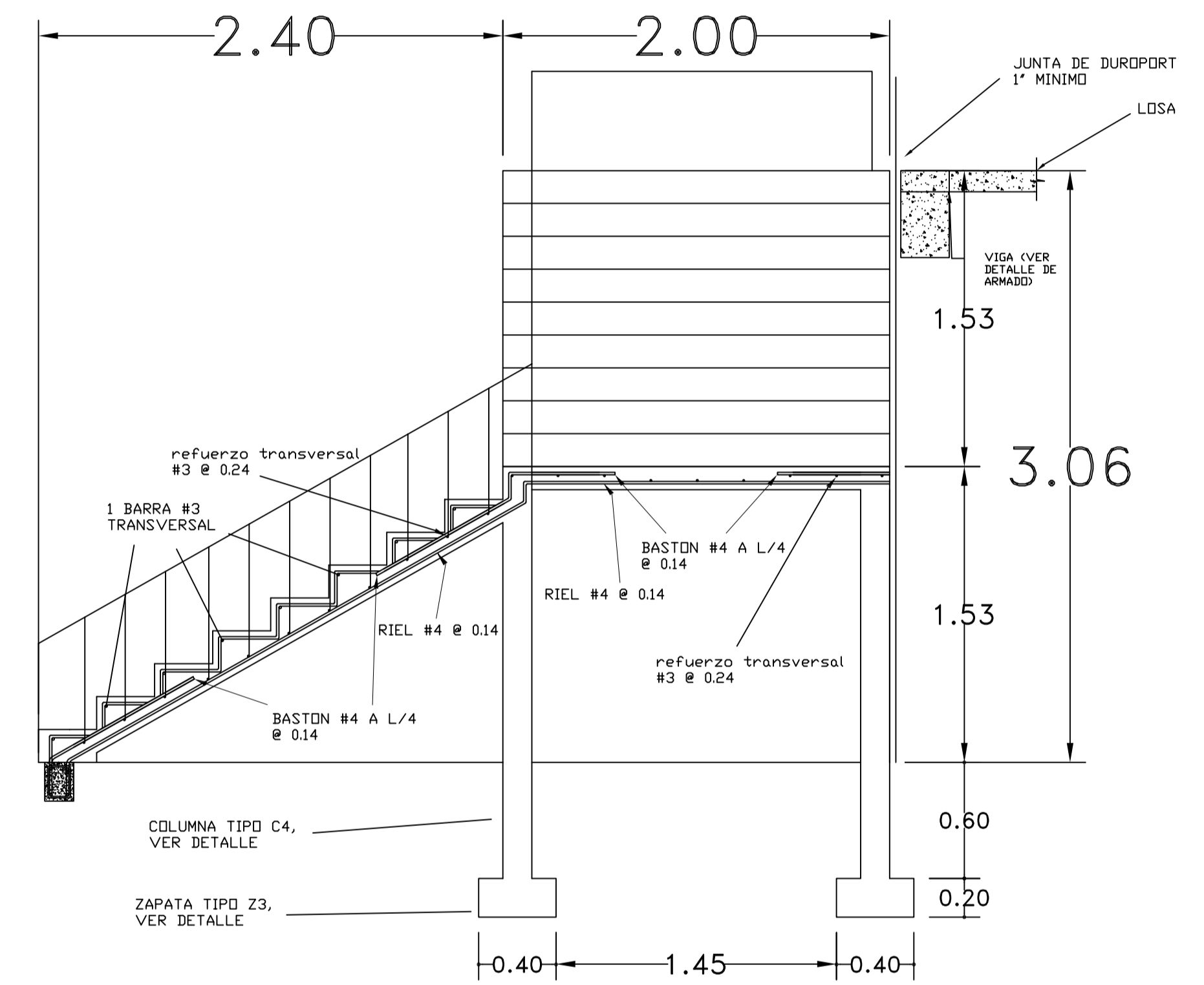
DETALLES DE SOLERAS, COLUMNAS
EN MUROS Y CIMIENTO CORRIDO

ESCALA: 1:10



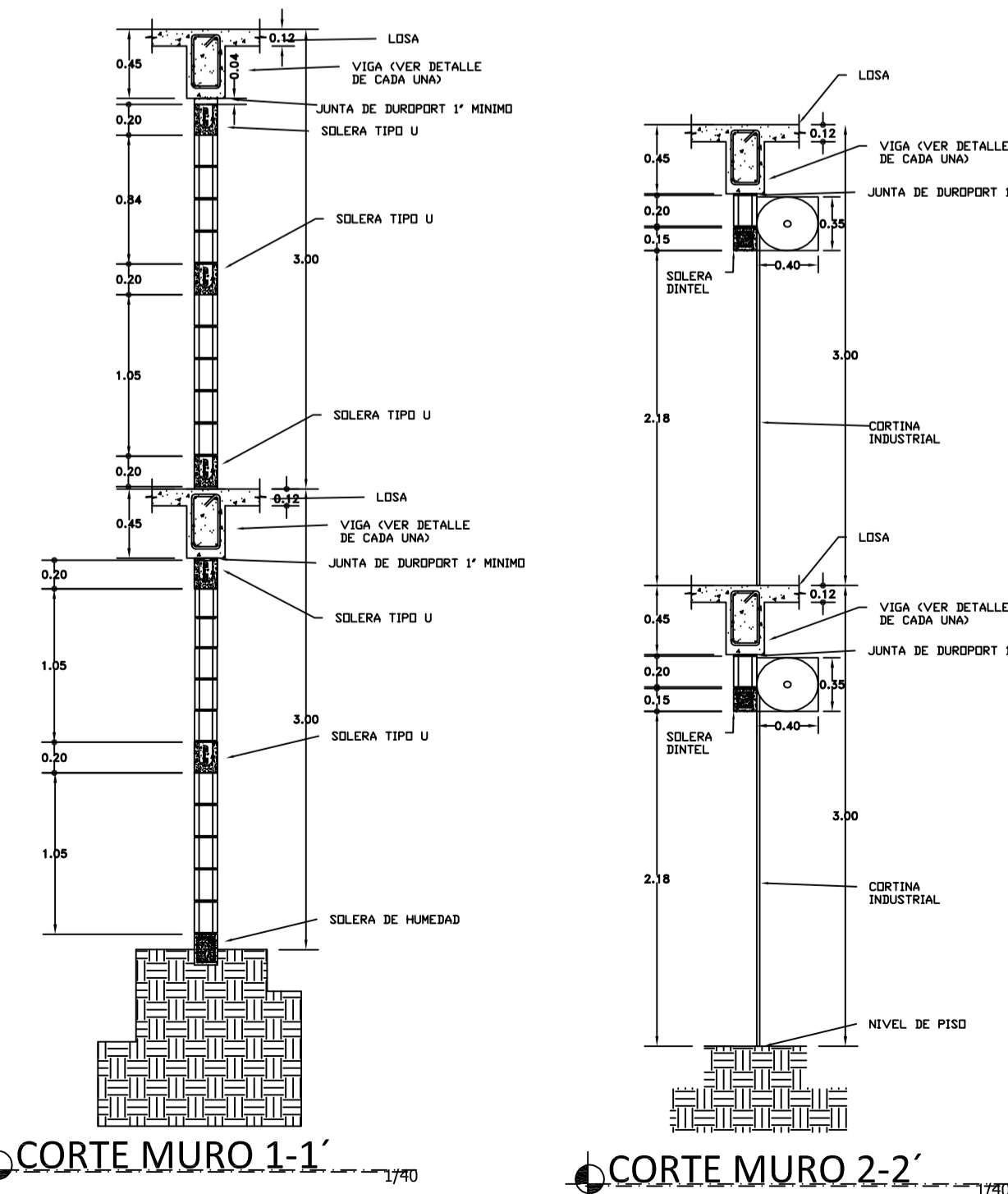
SECCIONES TRANSVERSALES DE VIGA

ESCALA: 1:20



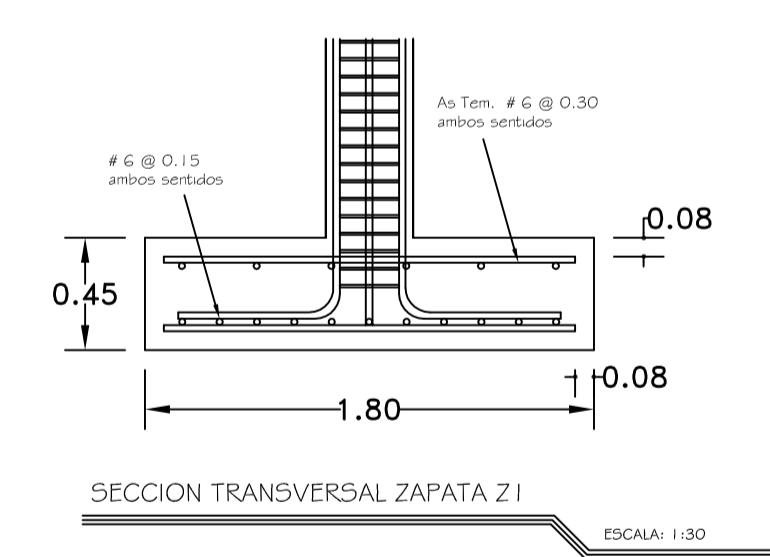
ELEVACION LATERAL MODULO DE GRADAS

1/25



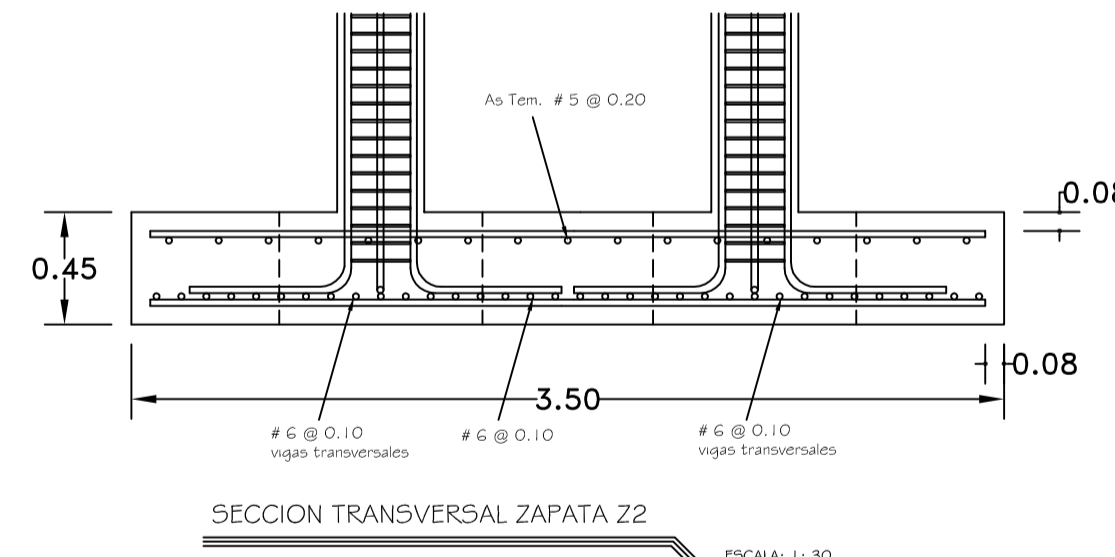
CORTE MURO 1-1'

CORTE MURO 2-2'



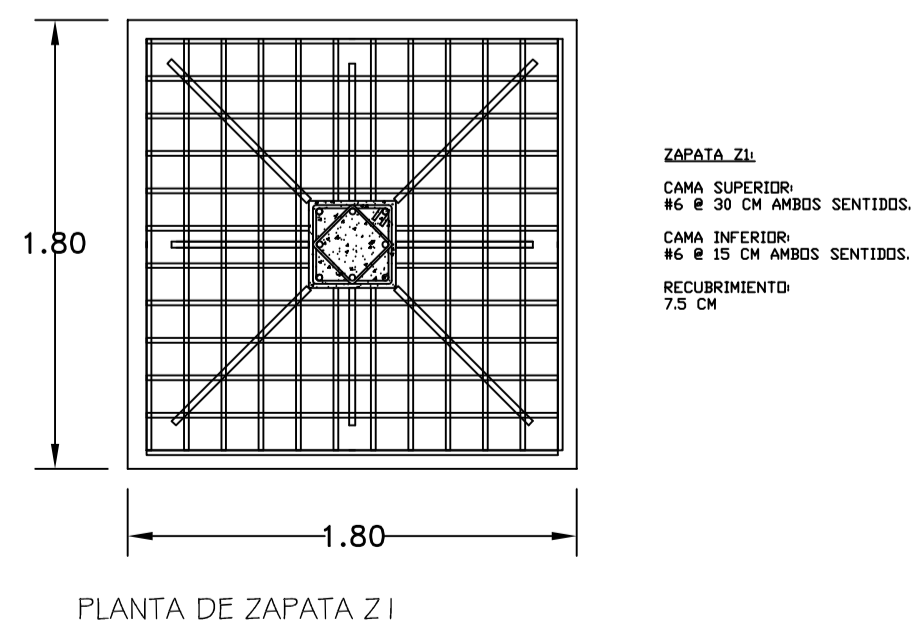
SECCION TRANSVERSAL ZAPATA Z1

ESCALA: 1:30



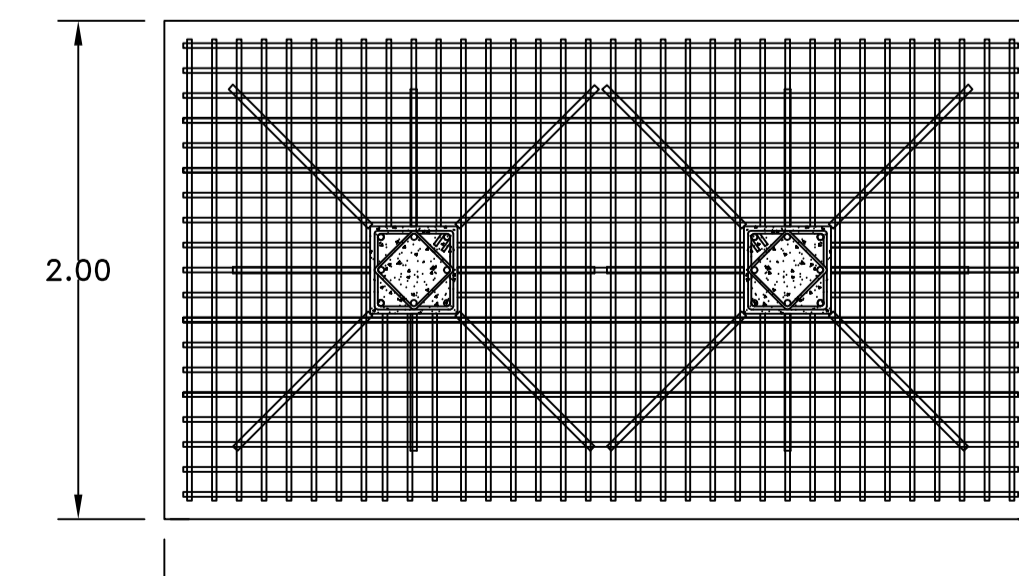
SECCION TRANSVERSAL ZAPATA Z2

ESCALA: 1:30



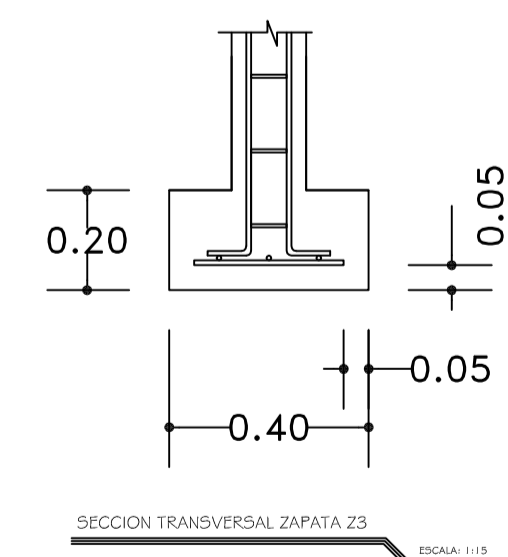
PLANTA DE ZAPATA Z1

ESCALA: 1:30



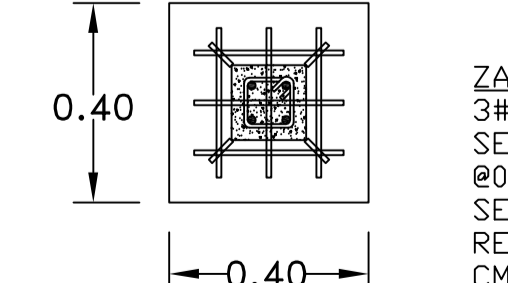
PLANTA DE ZAPATA Z2

ESCALA: 1:30



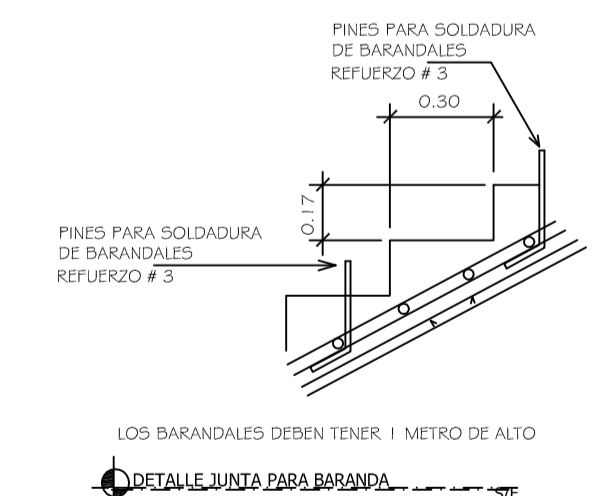
SECCION TRANSVERSAL ZAPATA Z3

ESCALA: 1:15



PLANTA DE ZAPATA Z3

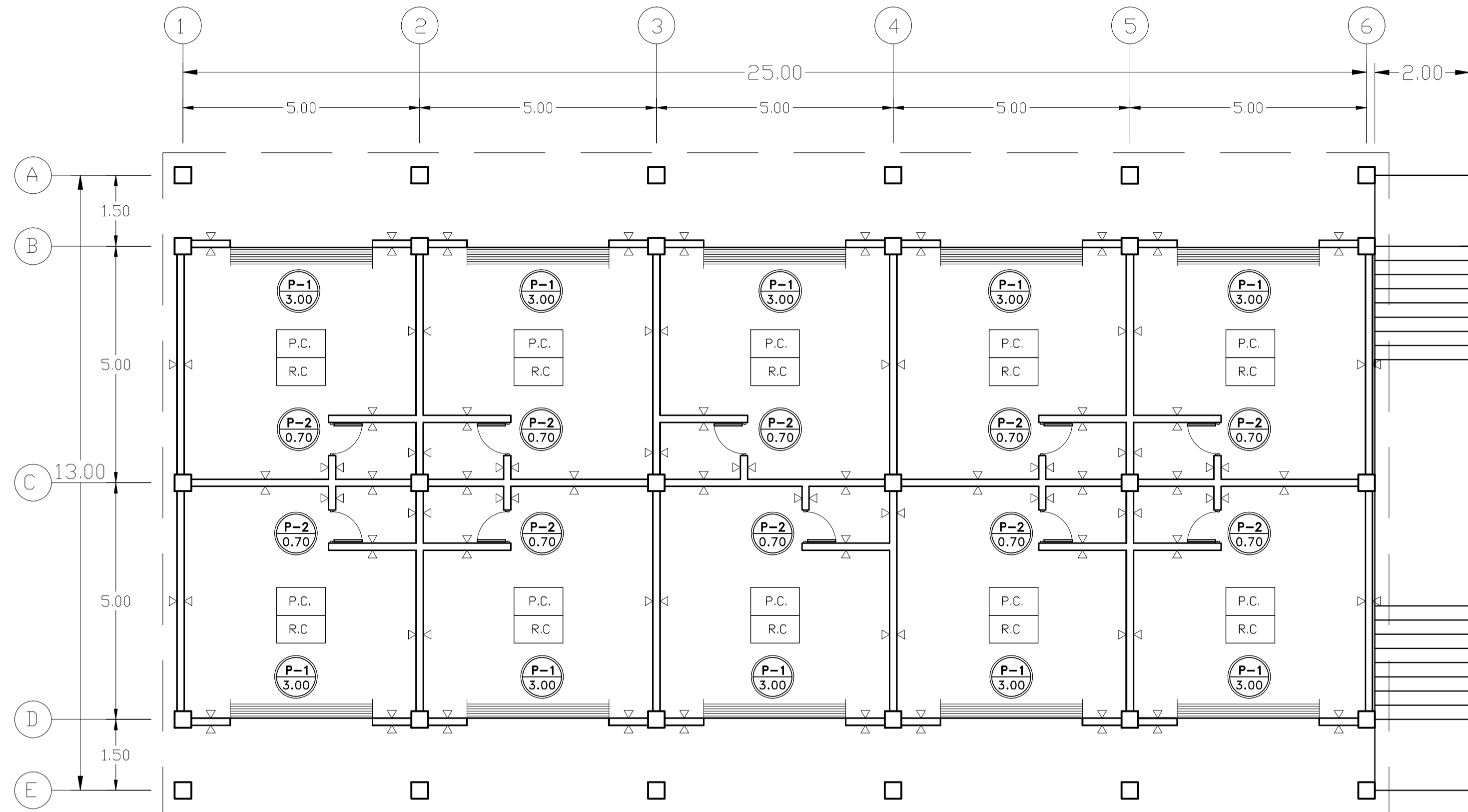
ESCALA: 1:15



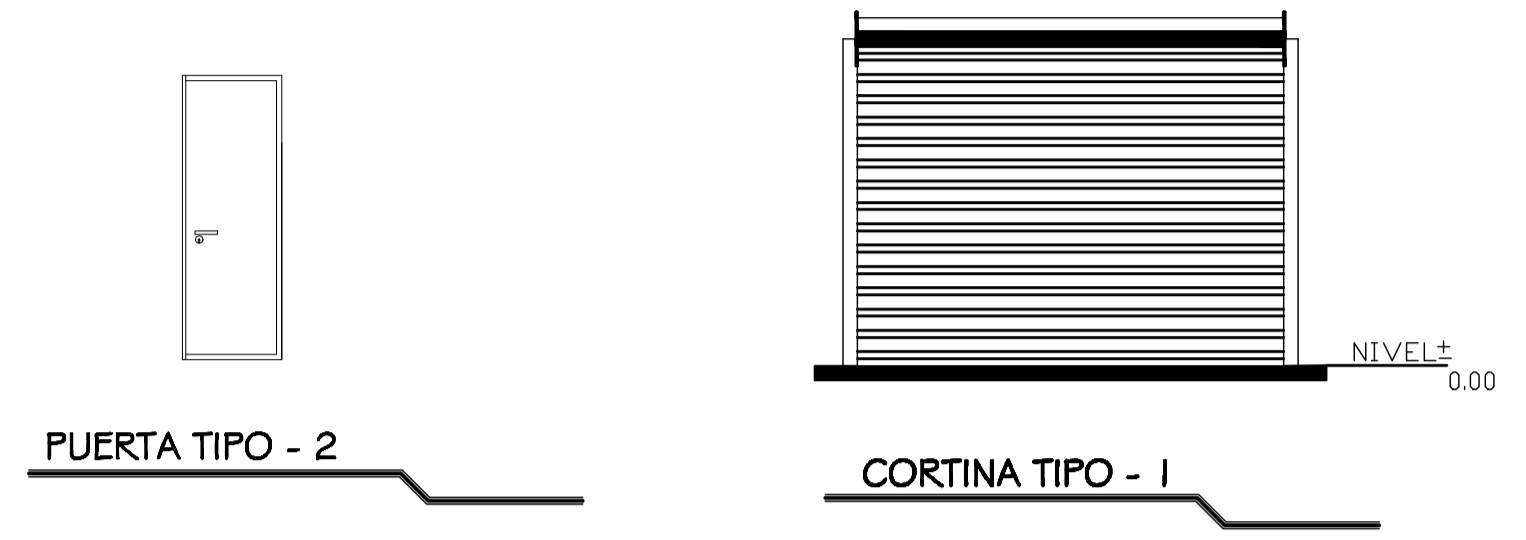
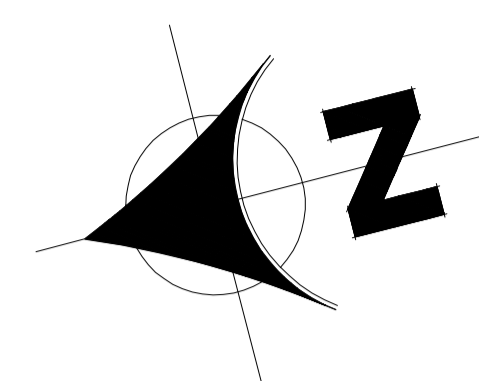
DETALLE JUNTA PARA BARANDILLA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

PROYECTO:	DISEÑO DE LA EDIFICACION DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES, PUERTO BARRIOS, IZABAL.	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	PLANO DE DETALLES DE ARMADO DE VIGA, COLUMNAS, ZAPATAS Y GRADAS	FECHA:	MAYO / 2011
ASESOR DE REDACCION:	ING. JUAN MERCK	DISEÑO:	FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE
HOJA No.	6	CALCULO:	FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE
RECURRIMIENTO:	75 CM	RECURRIMIENTO:	75 CM

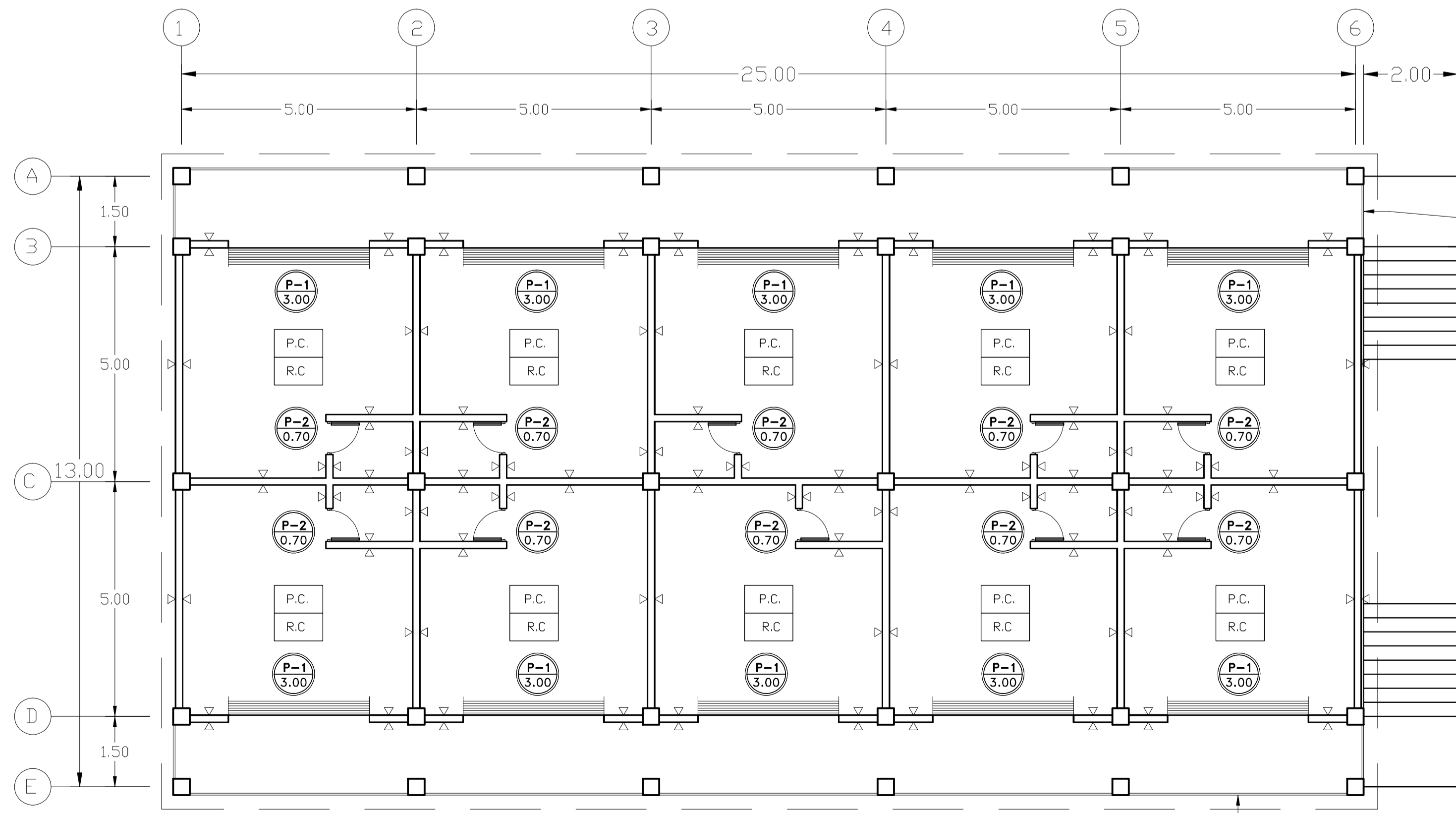


PRIMER NIVEL
1/75

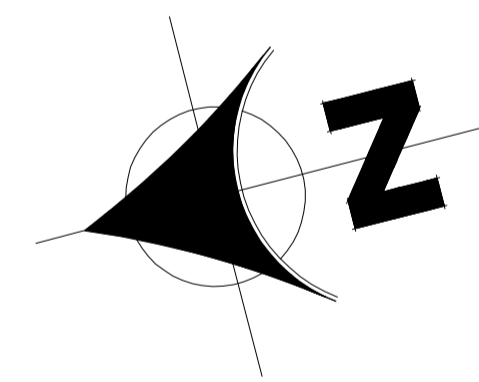


PLANILLA DE PUERTAS				
TIPO	ANCHO	DINTEL	UNIDADES	MATERIAL
C - 1	3.00	2.18	20	METAL
P - 1	0.70	2.18	20	MADERA

DETALLE DE PUERTAS



SEGUNDO NIVEL
1/75



SIMBOLOGIA DE ACABADOS	
P.C.	PISO CERAMICO
R.C.	REPELLO EN CIELO
▶	REPELLO + CERNIDO
P-8 0.75	TIPO DE PUERTA ANCHO DE PUERTA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

PROYECTO: DISEÑO DE LA EDIFICACION DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES, PUERTO BARRIOS, IZABAL	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANO DE ACABADOS	FECHA: MAYO / 2011
ASISOR DE NACIÓN: ING. JUAN MERCK	DISEÑO: FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE
DIBUJO: FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE	CALCULO: FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE
	HORA No. 7
	12

Dirección Ejecutiva Asesor Municipal Ing. Juan Merck Cos Asesor E.P.S.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

PROYECTO: DISEÑO DE LA EPICACION DE DOS NIVELES PARA BARRIOS, IZABAL

CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACIONES HIDRAULICAS

FECHA: MAYO / 2011

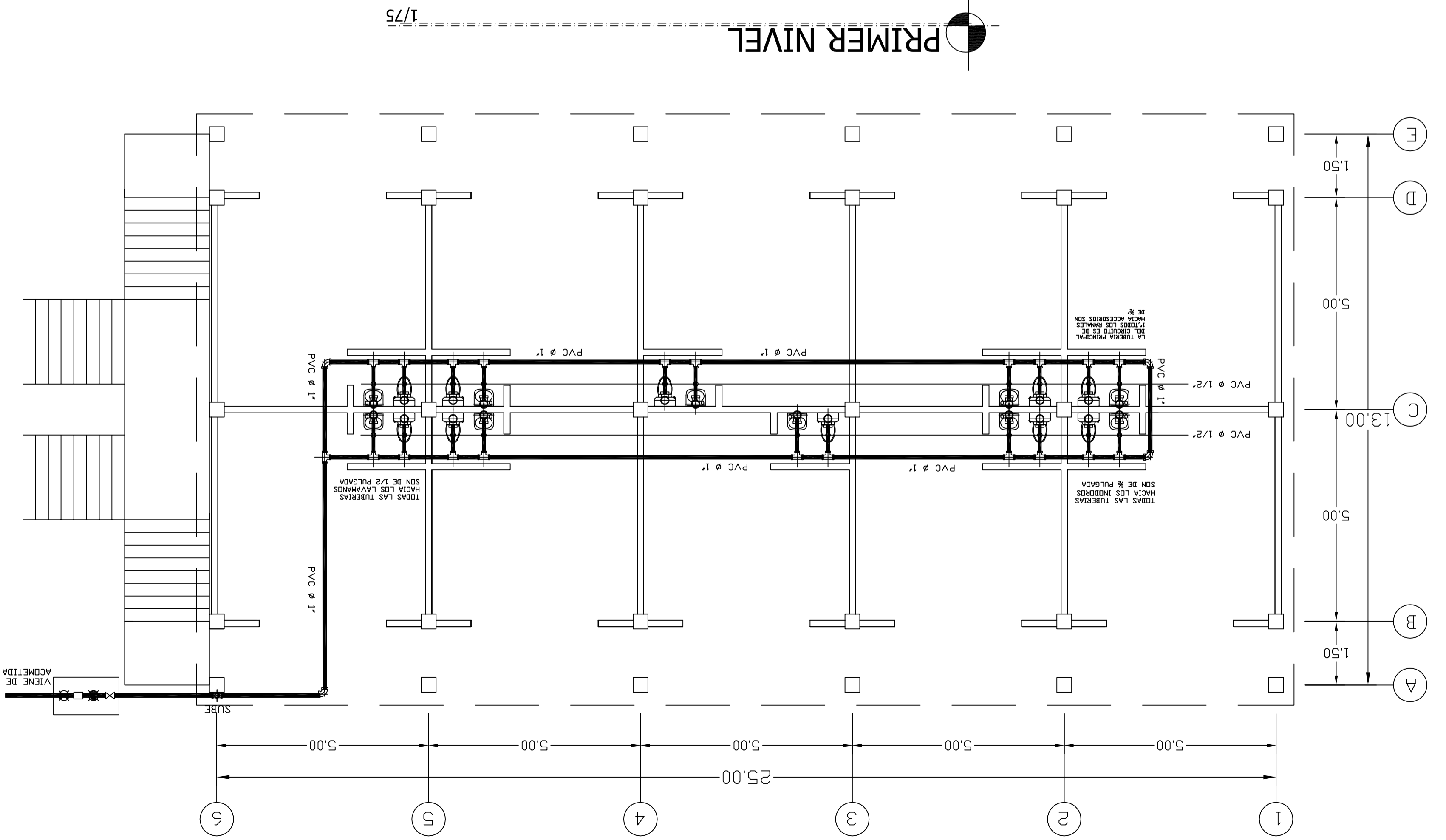
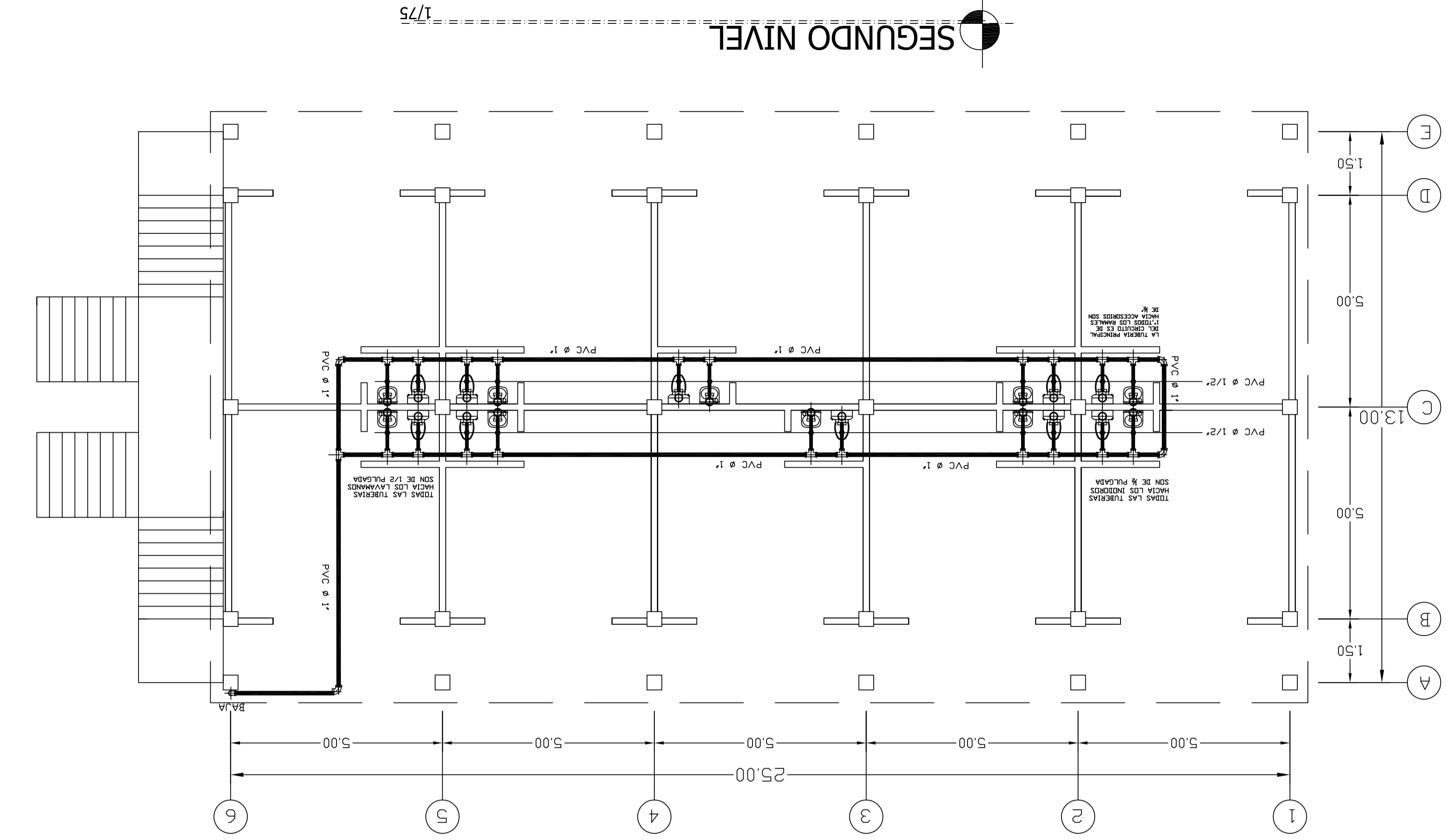
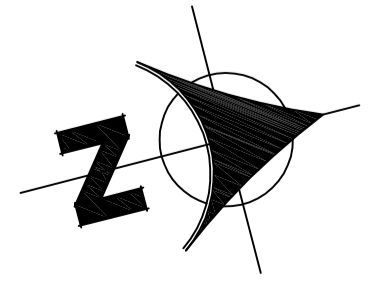
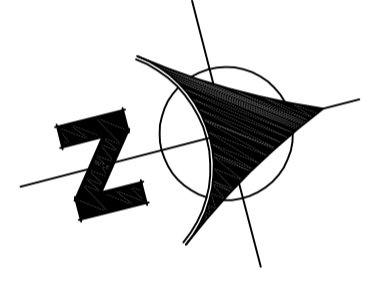
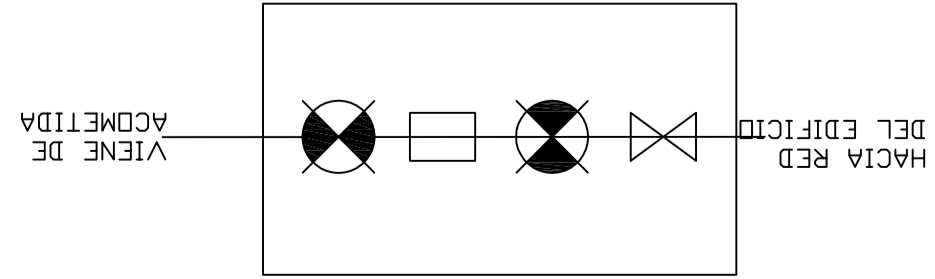
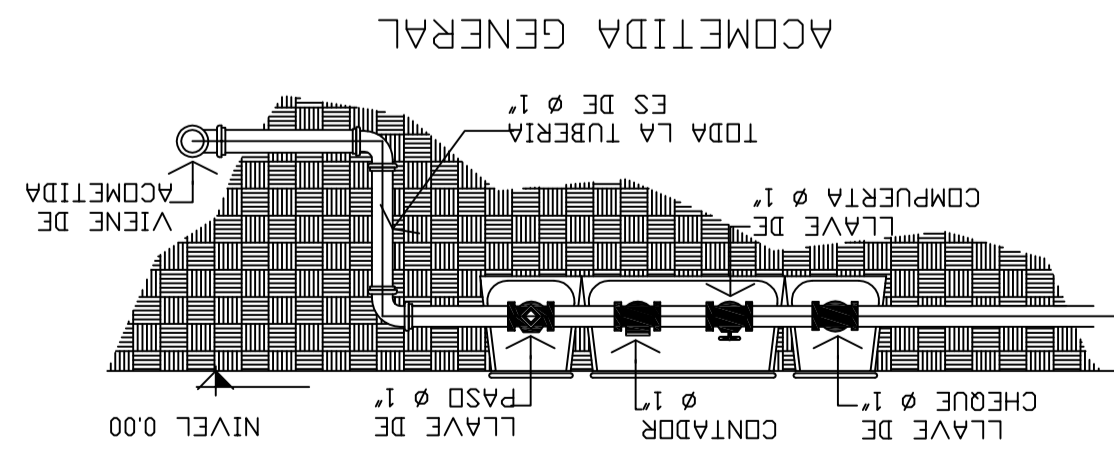
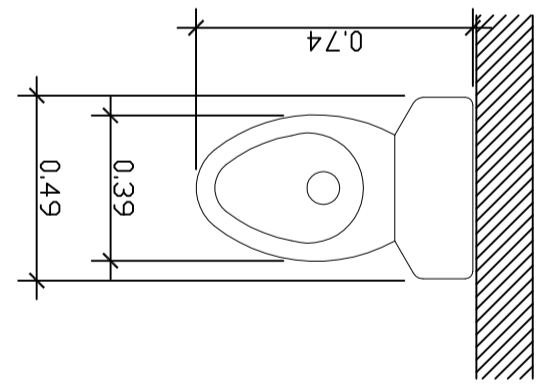
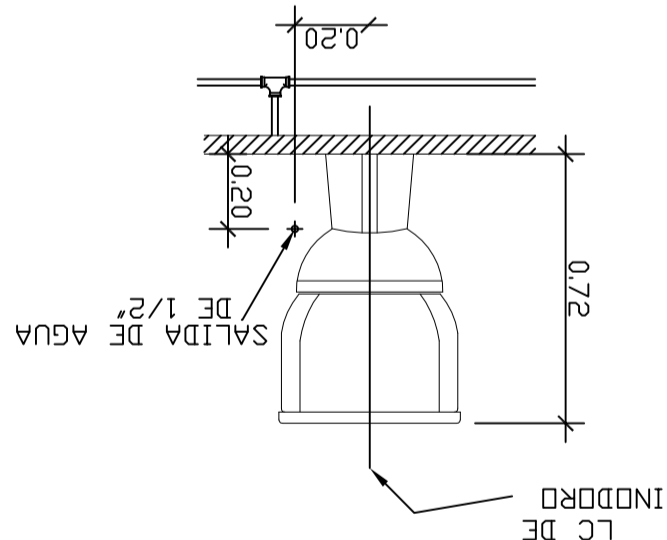
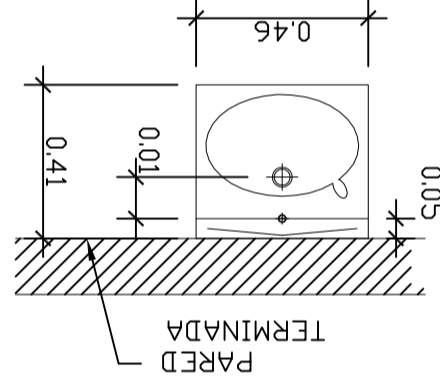
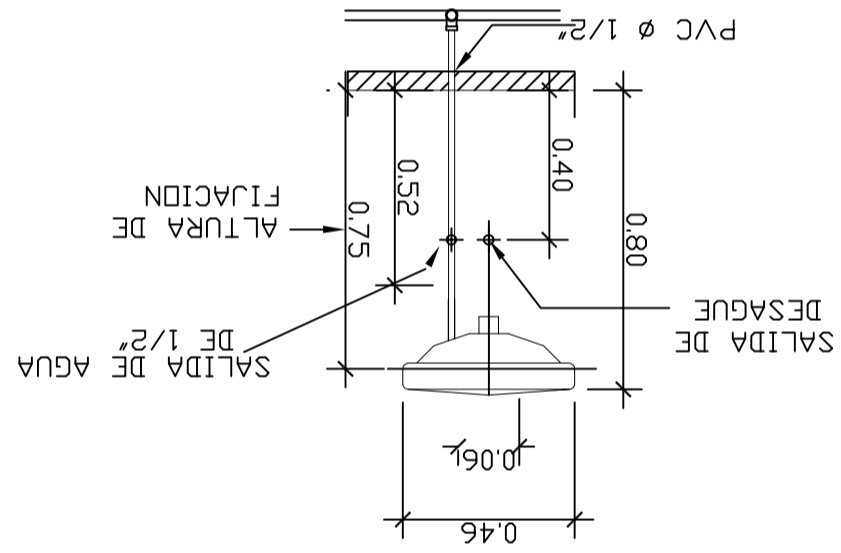
HOJA No.	8
PROYECTO	ASISOR DE MEDICINA ING. JUAN MERCK
DISEÑO	FERNANDO AUGUSTO VELASQUEZ CONDE
CALCULO	FERNANDO AUGUSTO VELASQUEZ CONDE
VERIFICACION	FERNANDO AUGUSTO VELASQUEZ CONDE

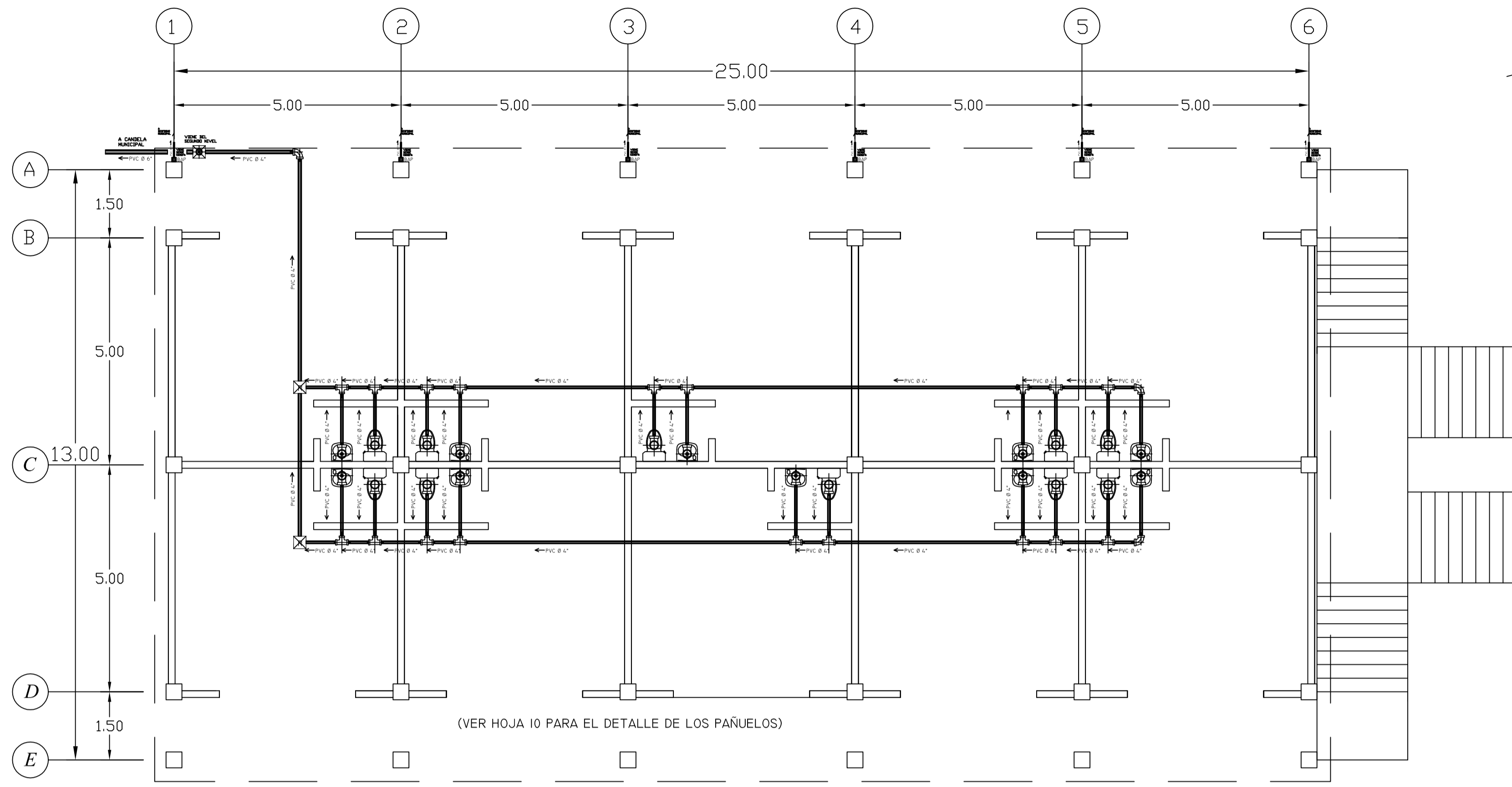
Ing. Juan Merck Conde
Arquitecto Municipal

SIMBOLOGIA HIDRAULICAS

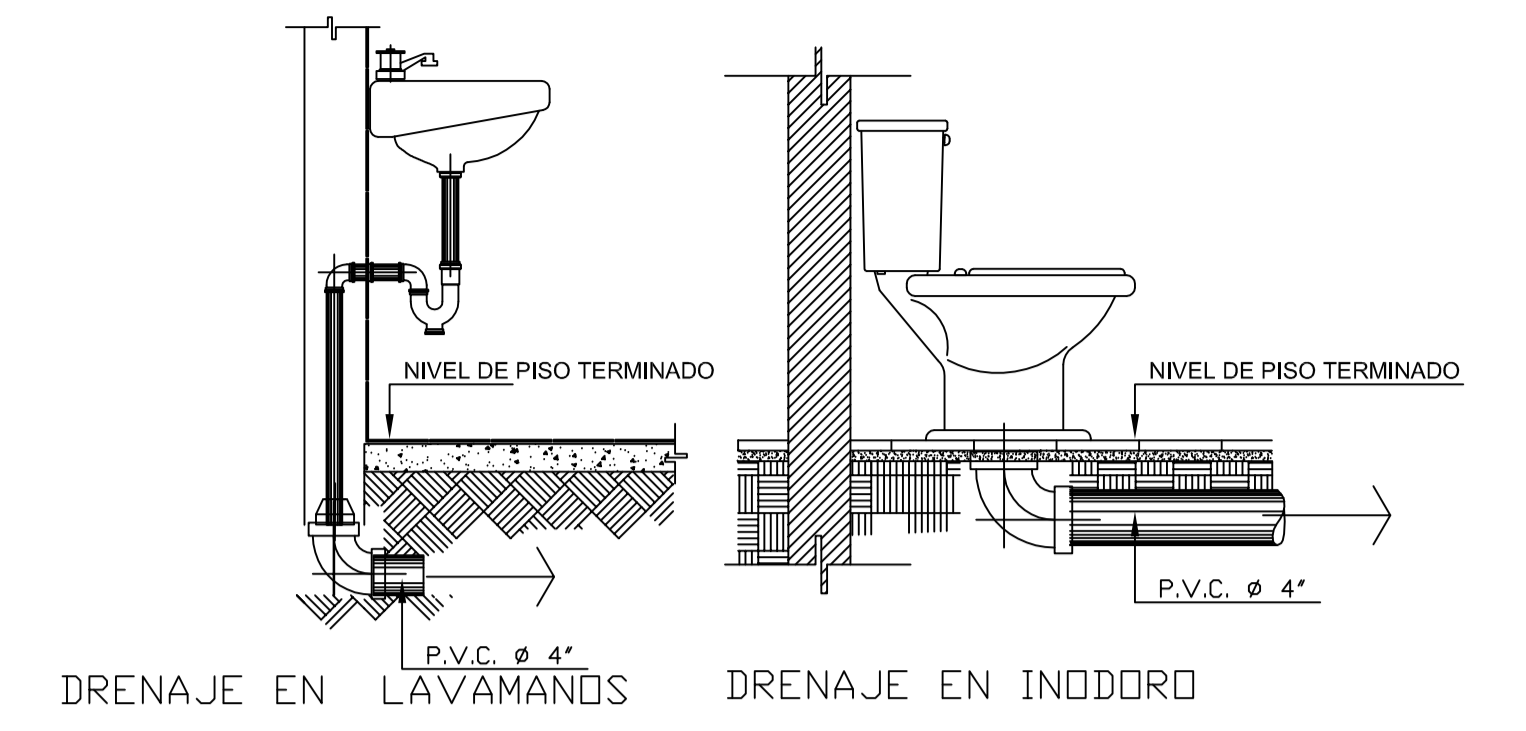
TUBERIA DE P.V.C. DIAMETRO INDICADO		TUBERIA DE P.V.C. CODO 90° HORIZONTAL 1" - 1/2"	
TUBERIA DE P.V.C. CODO 90° VERTICAL PVC		TEE PVC HORIZONTAL 1" - 1/2"	
TUBERIA DE P.V.C. CODO 90° VERTICAL PVC		TEE 90° VERTICAL PVC	
REDUCIDOR 1" A 1/2"		LLAVE DE PASO	
CHEQUE		LLAVE DE COMPUERTA	

1/20 DETALLES DE INSTALACIONES HIDRAULICAS

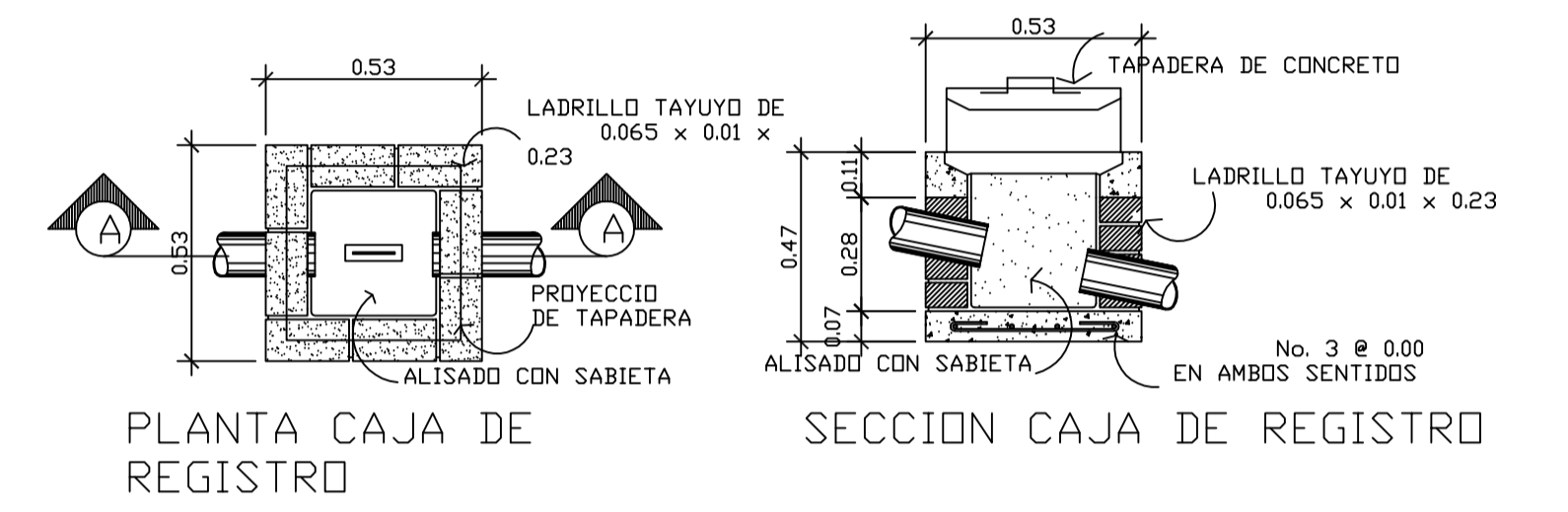




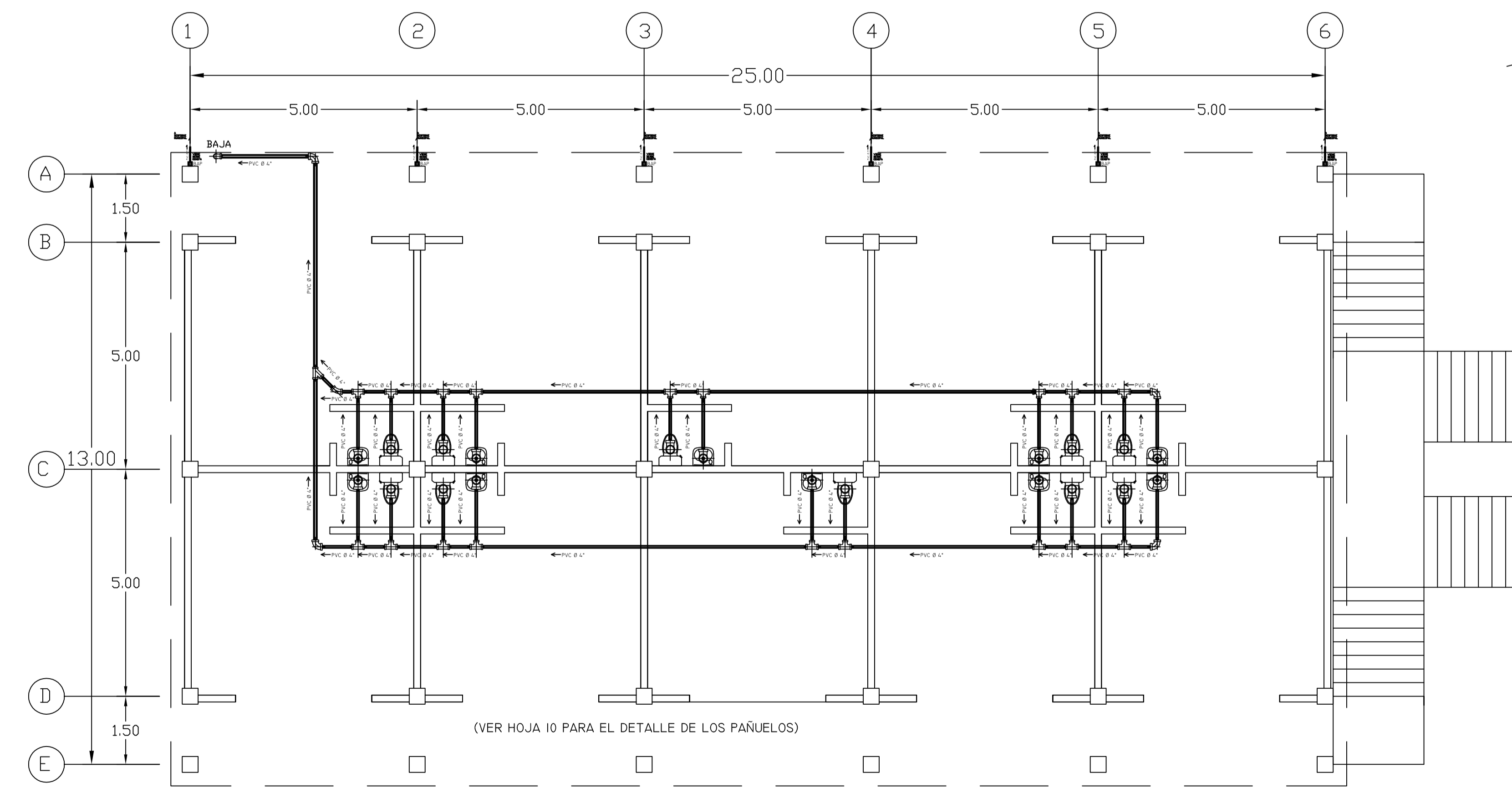
PRIMER NIVEL 1/



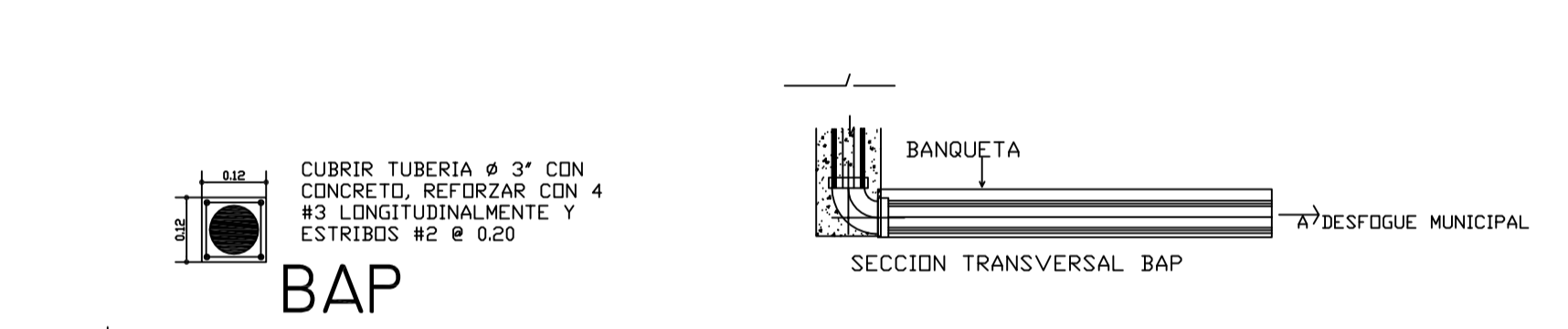
DETALLES DE INSTALACIONES SANITARIAS S/E



DETALLE CAJA DE REGISTRO S/E



SEGUNDO NIVEL 1/75



DETALLE BAJADA PLUVIAL S/E

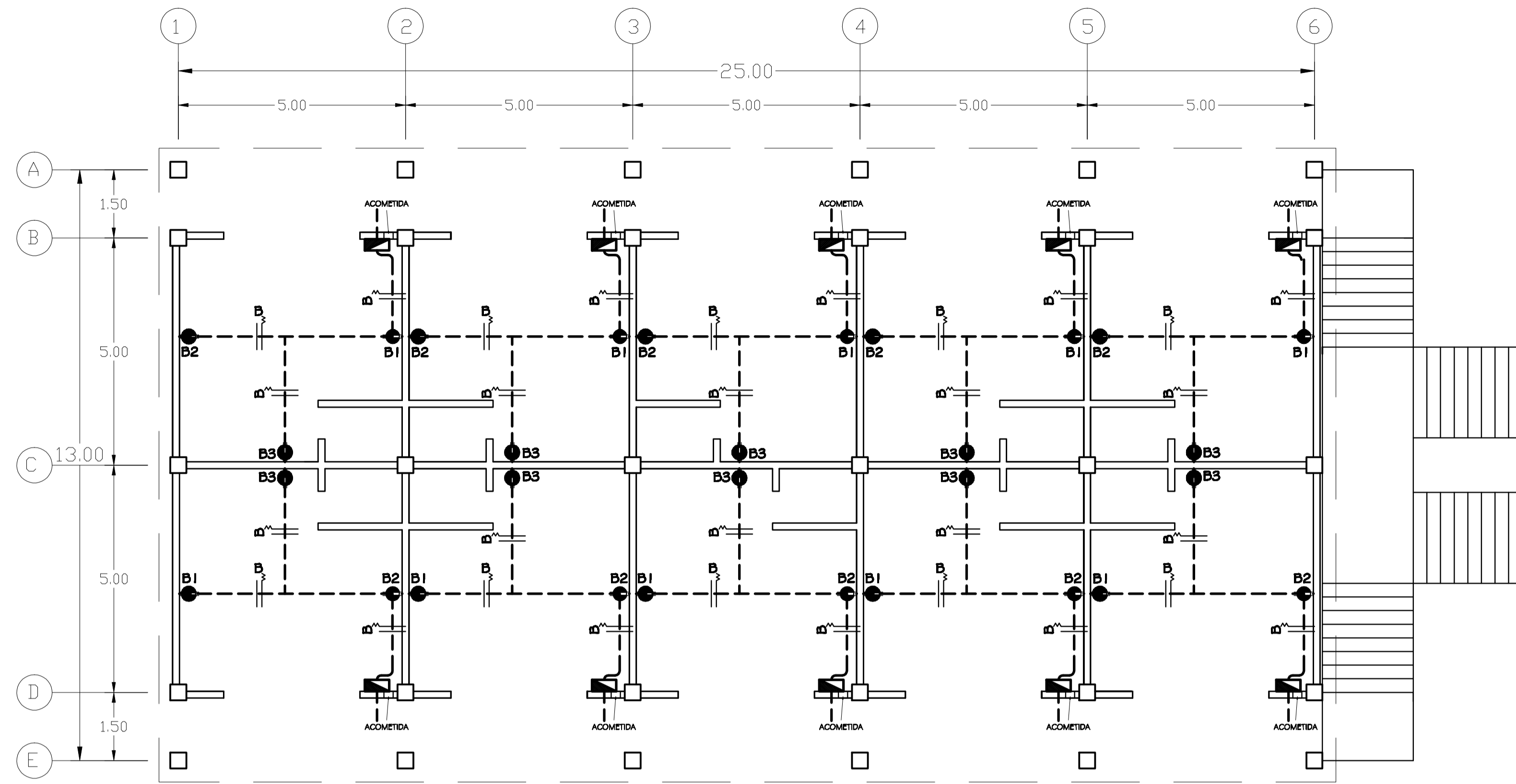
NOMENCLATURA DE DRENAJES	
	REDUCIDOR DE P.V.C
	CODO P.V.C. A 90° VERTICAL Ø INDICADO
	CODO P.V.C. A 45° Ø INDICADO
	YEE P.V.C. Ø INDICADO
	TEE P.V.C. Ø INDICADO
	INDICA PENDIENTE Y DIRECCION 3.0 % PENDIENTE
	TUBERIA DE AGUAS PLUVIALES PVC Ø INDICADO
	BAJA DE AGUAS PLUVIALES PVC Ø 3"
	INDICA REPOSADERA
	CAJA DE REGISTRO
	TEE PVC HORIZONTAL
	CODO 90° HORIZONTAL PVC

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

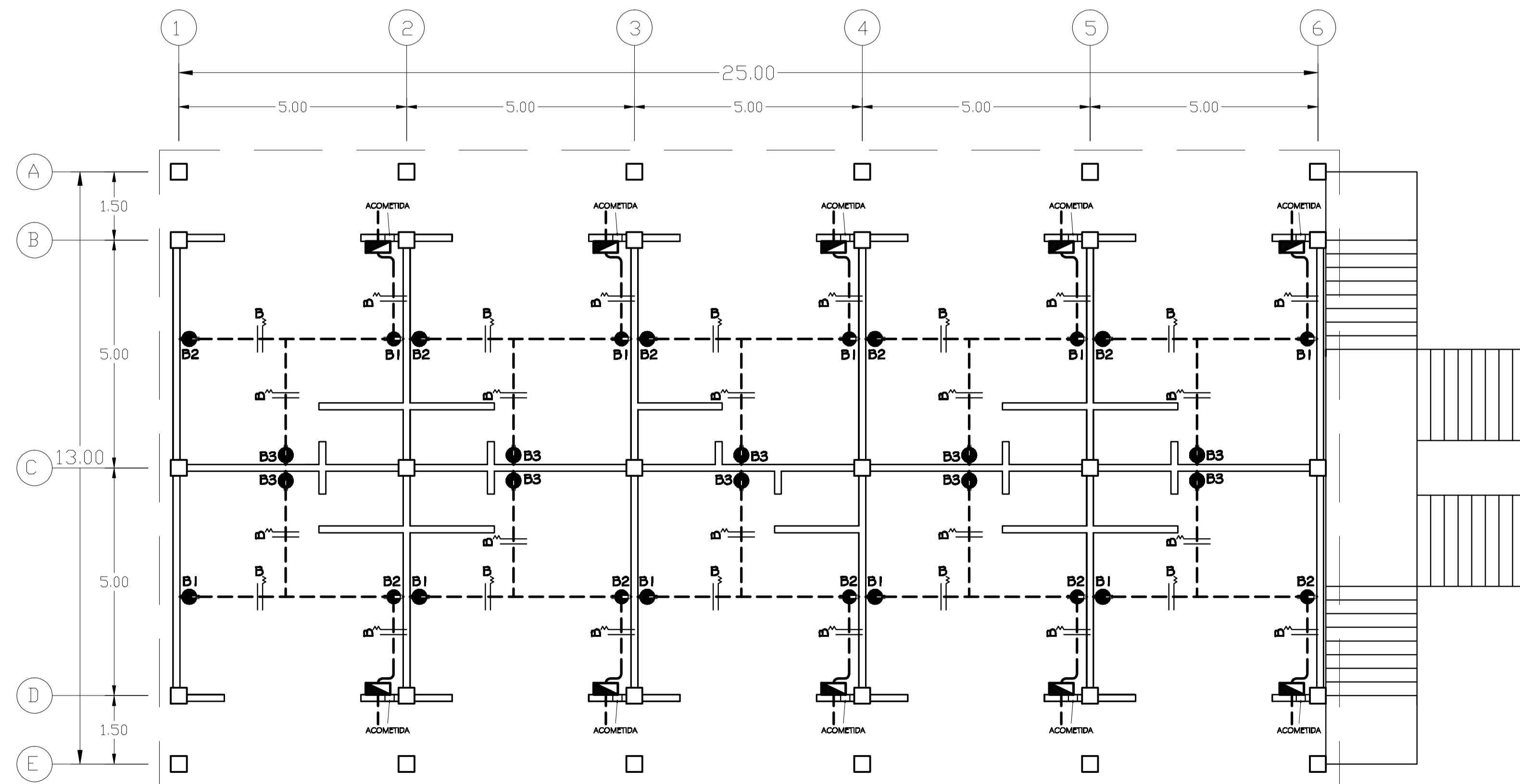
PROYECTO: DISEÑO DE LA EDIFICACION DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES, PUERTO BARRIOS, IZABAL	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANO DE INSTALACIONES SANITARIAS	FECHA: MAYO / 2011
ASESOR DE REGION: ING. JUAN MERCK	DISEÑO: FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE
DIBUJO: FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE	CALCULO: FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE
HOJA No. 9	12

David Pineda Acevedo
Alcalde Municipal

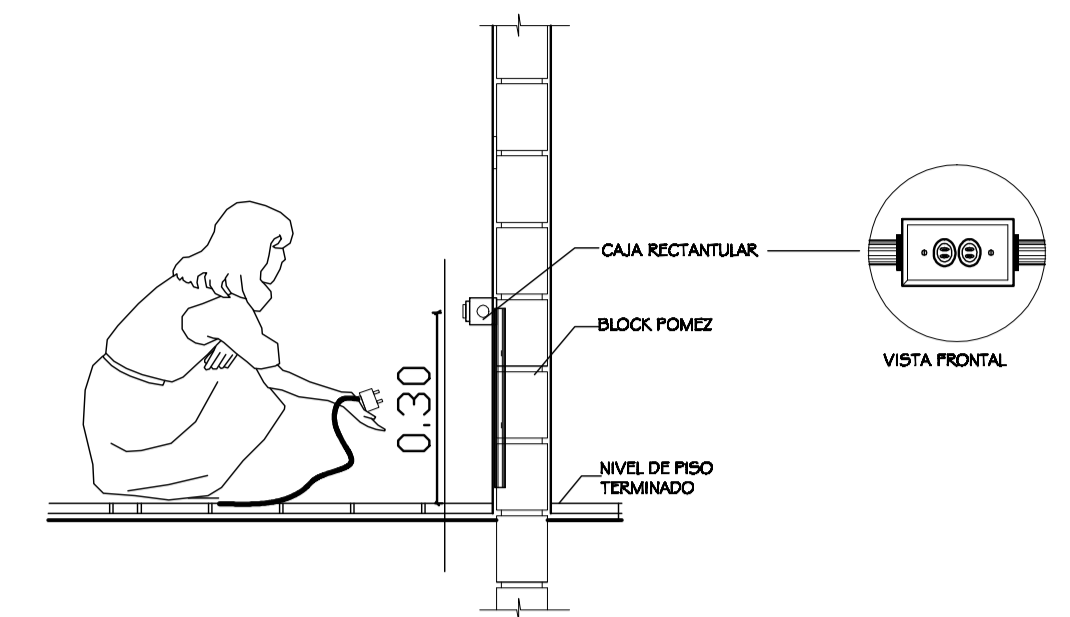
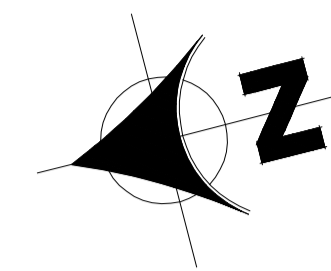
Ing. Juan Merck Con
Asesor E.P.S.



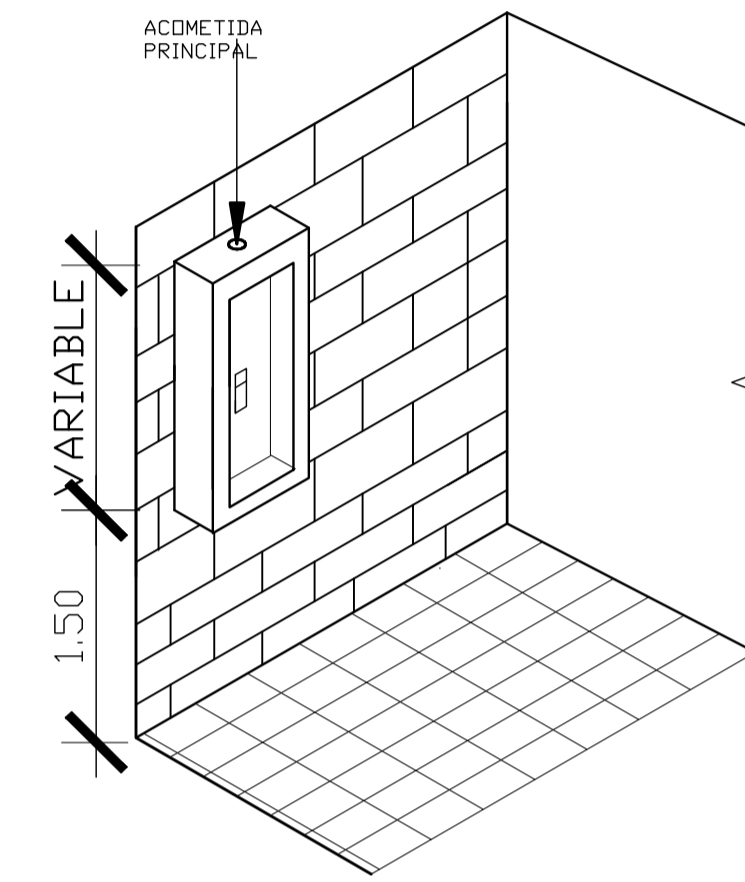
PRIMER NIVEL 1775



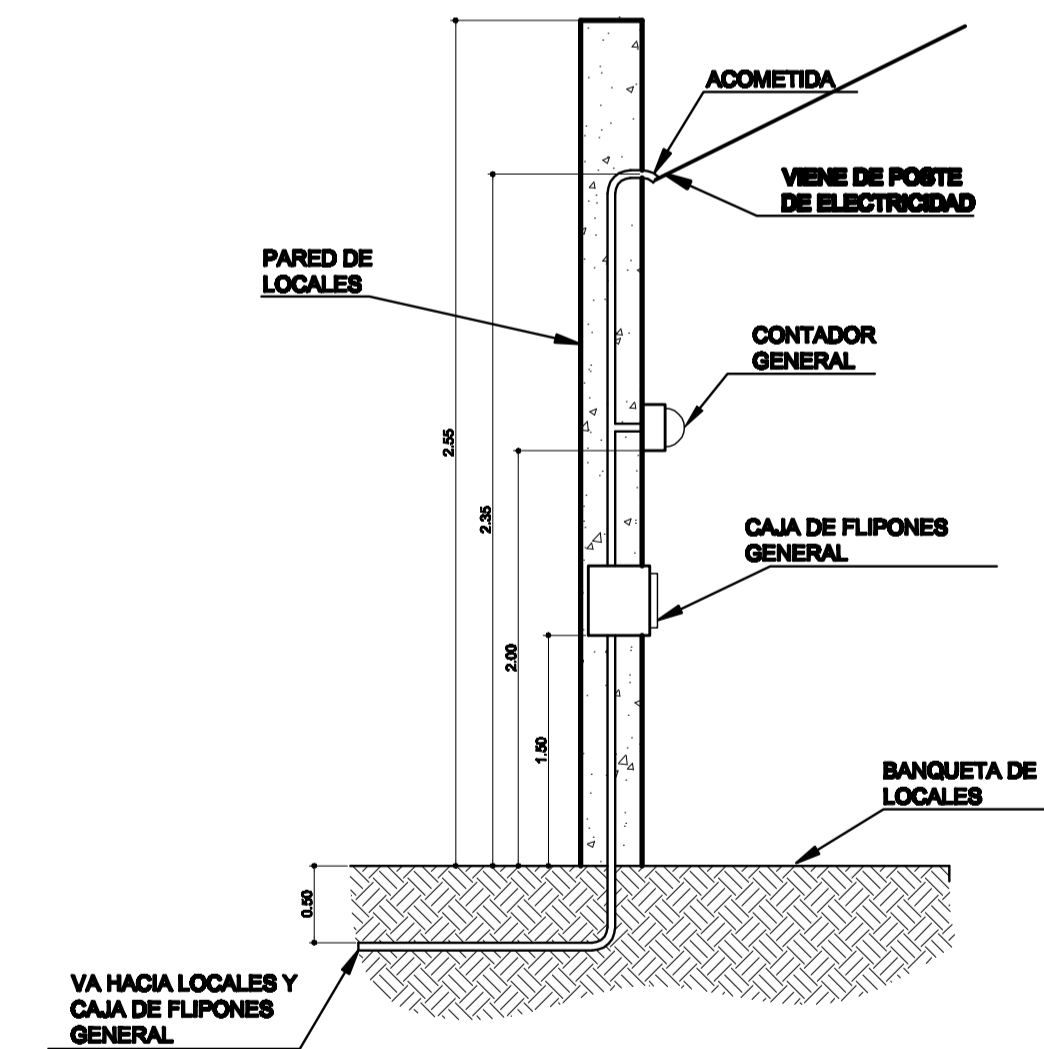
SEGUNDO NIVEL 1775



DETALLE DE TOMACORRIENTES EN PARED SIN ESCALA



TABLERO DE CONTROL DENTRO DEL SALON SIN ESCALA



ACOMETIDA GENERAL SIN ESCALA

SIMBOLOGÍA DE FUERZA			
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TABLERO DE DISTRIBUCION H=1.70 S.N.F.T.		CONDUCTOR POSITIVO
	DUCTO ELECTRICO Ø 3/4" EN PISO O MURO		CONDUCTOR NEUTRO
	TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H= 0.30 S.N.F.T		

EL DISEÑO DEL CIRCUITO FUERZA ESTA DISEÑADO PARA APARATOS SENCILLOS LOS CUALES NO EXCEDEN LA CAPACIDAD DEL DISEÑO, LA IMPLEMENTACION DE AIRE ACONDICIONADO O CUALQUIER OTRO APARATO REQUIERE UN DISEÑO DIFERENTE

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

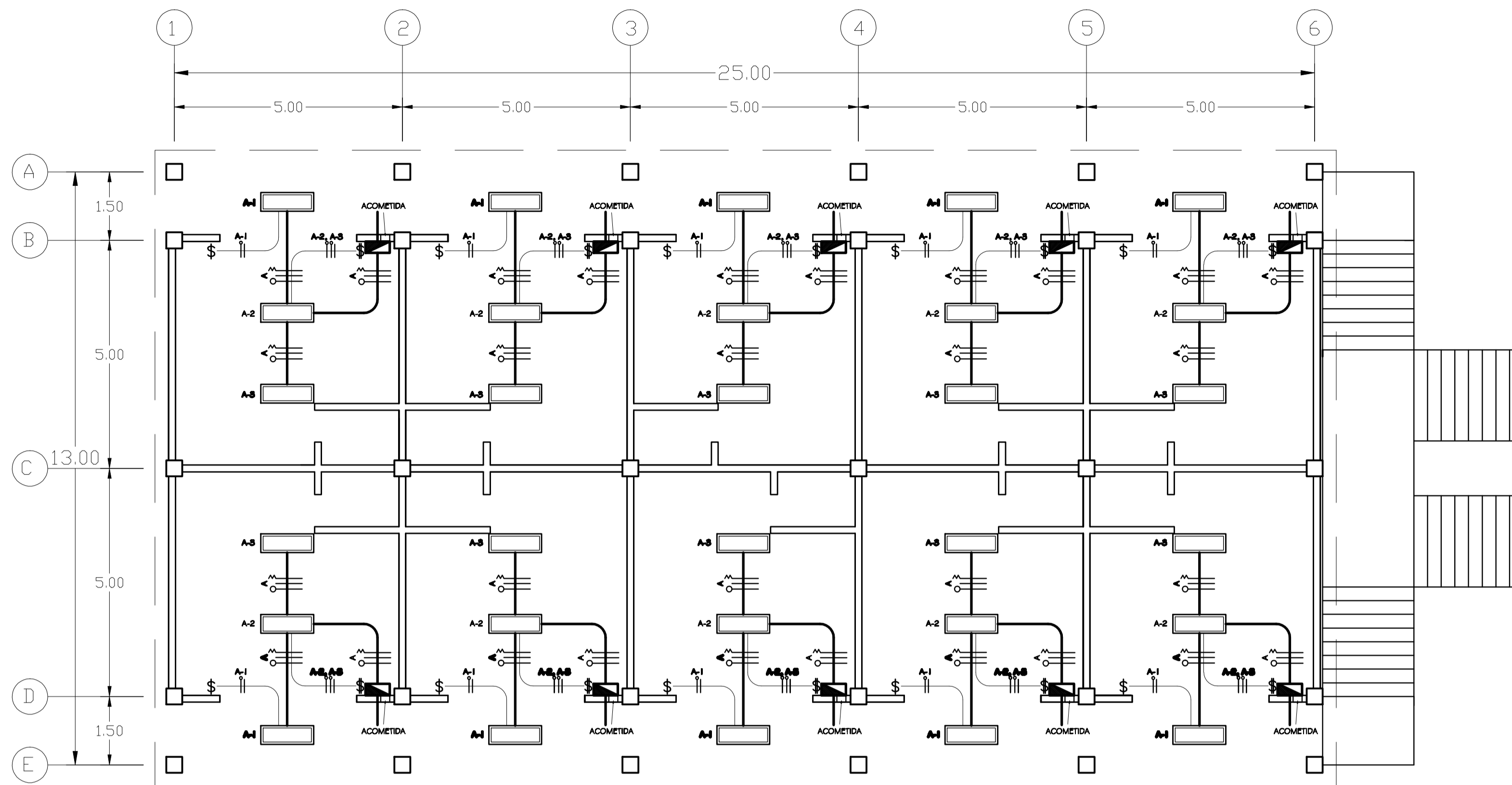
PROYECTO: DISEÑO DE LA EDIFICACION DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES, PUERTO BARRIOS, IZABAL. ESCALA: INDICADA

CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA - FUERZA. FECHA: MAYO / 2011

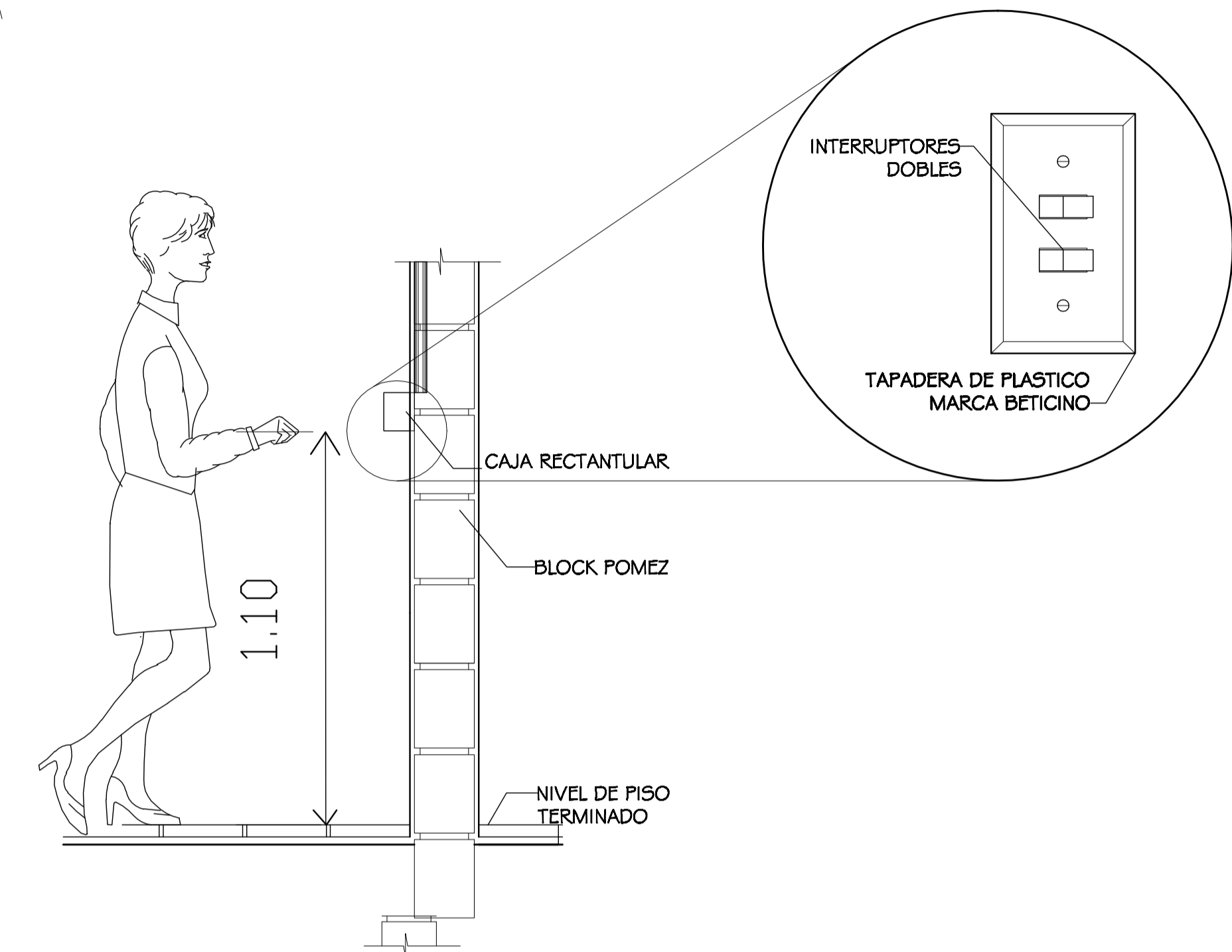
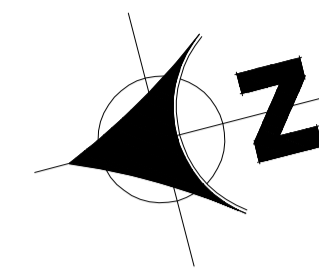
ASISOR DE REDICION: ING. JUAN MERCK. DISEÑO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE. HOJA No. 10

DIBUJO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE. CALCULO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE. 12

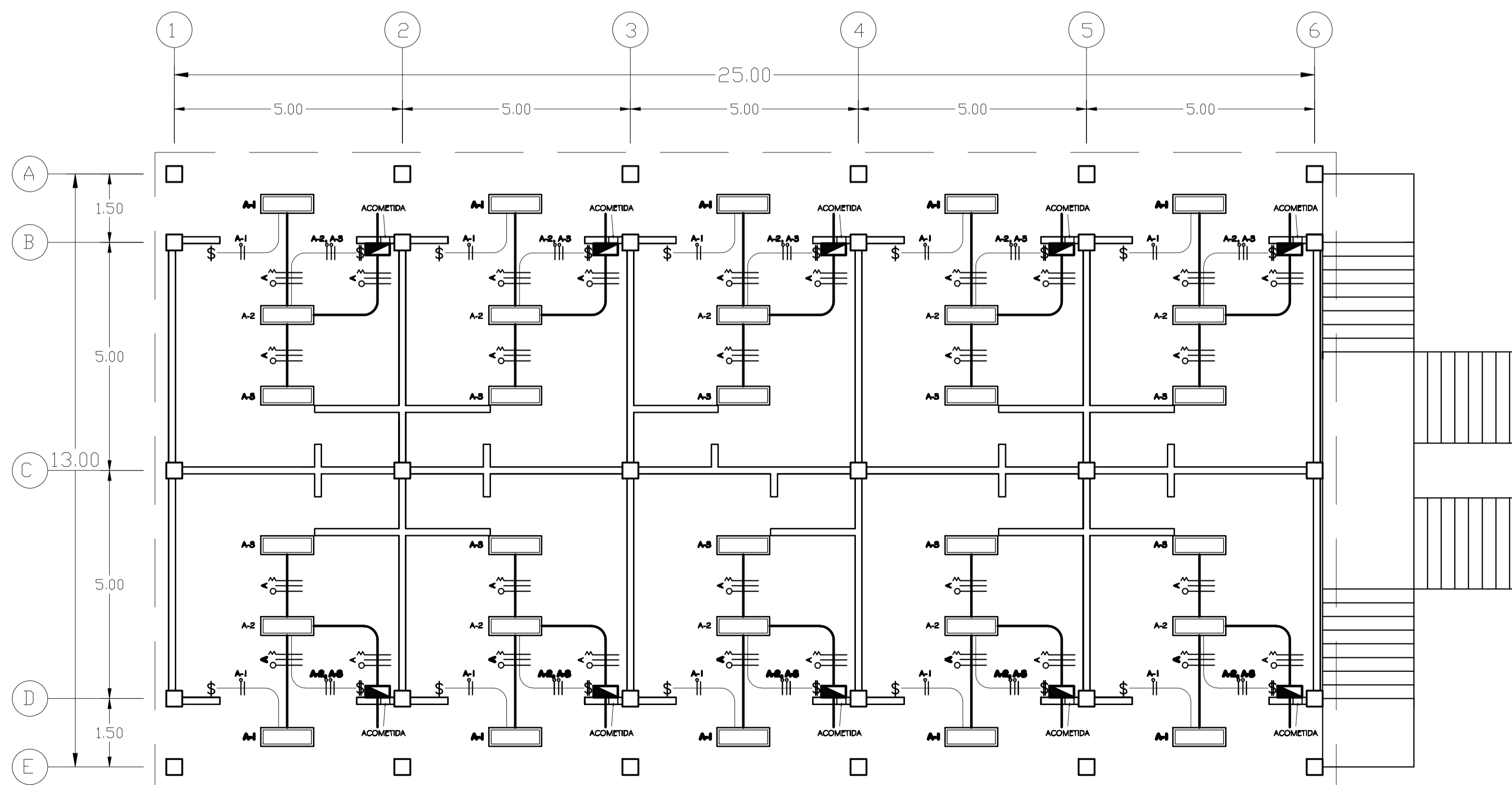
Dirección Ejecutiva de Asesoría Municipal Ing. Juan Merck Cos Asesor E.P.S.



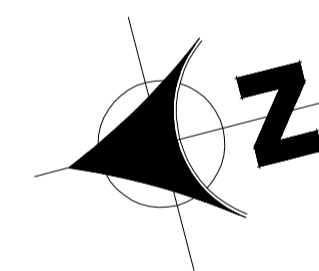
PRIMER NIVEL
1775



DETALLE DE INTERRUPTOR DE LUMINARIAS
SIN ESCALA



SEGUNDO NIVEL
1775



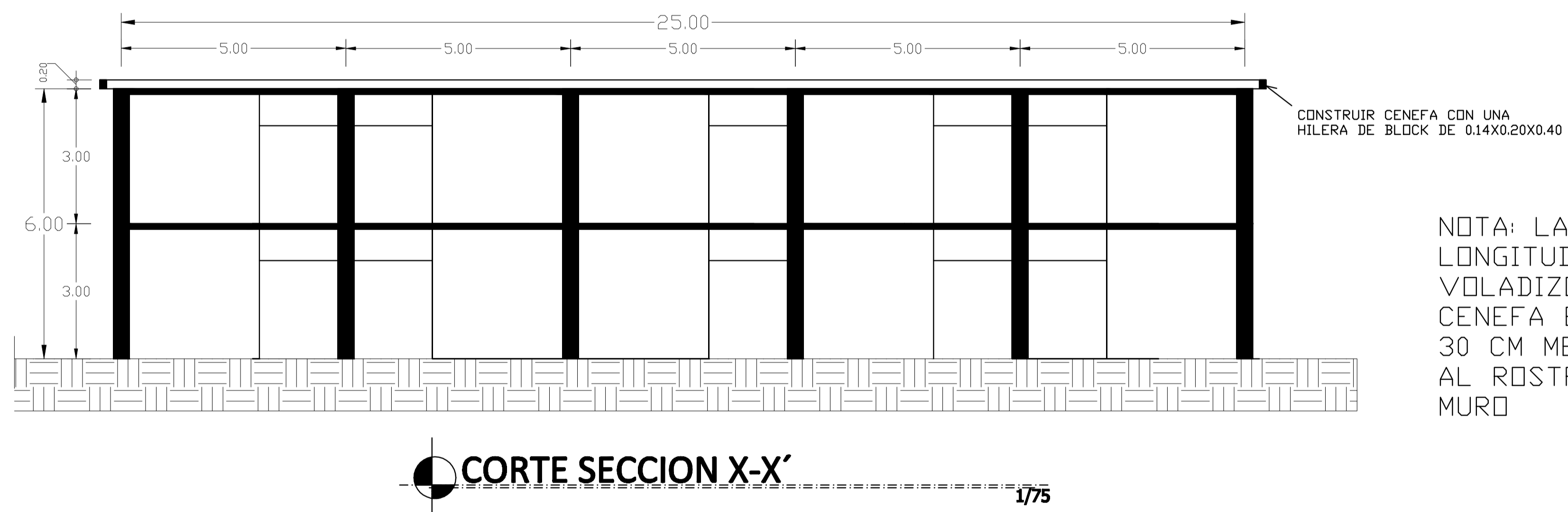
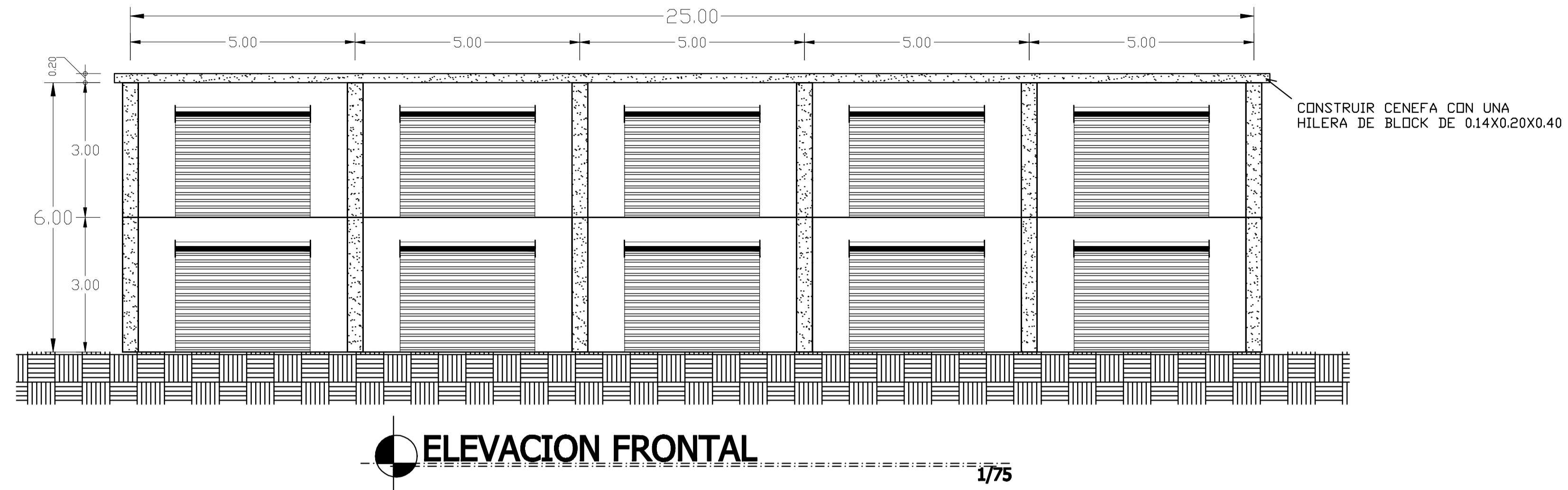
SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN			
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TABLERO DE DISTRIBUCION H= 1.70 S.N.P.T.		CONDUCTOR NEUTRO CALIBRE 12 TW
	LAMPARA DOBLE FLUORESCENTE (2X40)		LINIA RETORNO CALIBRE 12 TW
	DUCTO ELECTRICO Ø 3/4" EMPOTRADA EN LOSA		INTERRUPTOR DOBLE H= 1.20 S.N.P.T.
	CONDUCTOR POSITIVO CALIBRE 12 TW		INTERRUPTOR SIMPLE H= 1.20 S.N.P.T.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

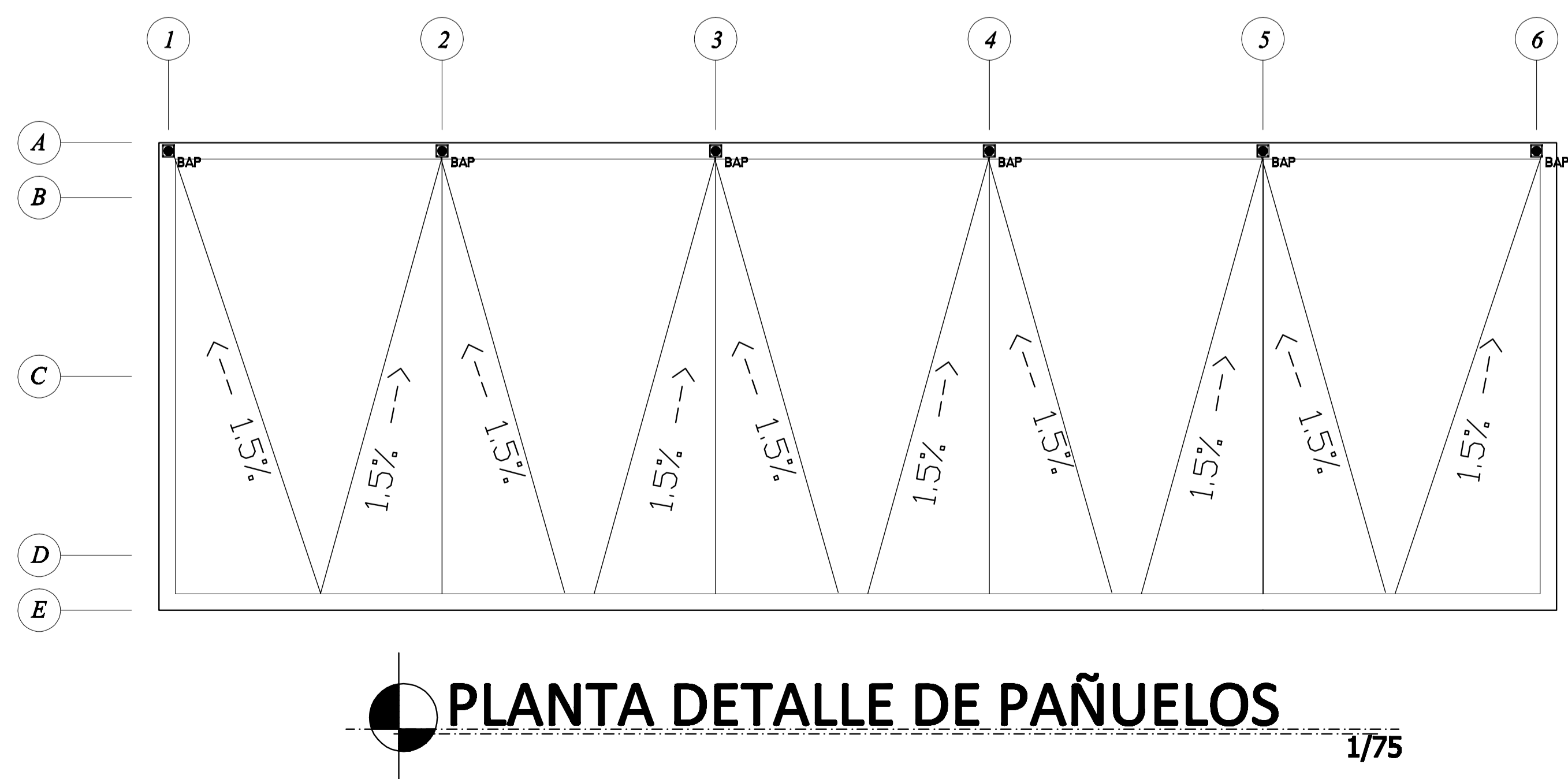
PROYECTO: DISEÑO DE LA EDIFICACION DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES, PUERTO BARRIOS, IZABAL	ESCALA: INDICADA	
CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA - ILUMINACION	FECHA: MAYO / 2011	
ASISOR DE REDACCION: ING. JUAN MERCK	DISEÑO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE	HOJA No. 11
DISEÑO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE	CALCULO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE	12

Div. Privada Asesor
Asesor Municipal

Ing. Juan Merck Cos
Asesor E.P.S.

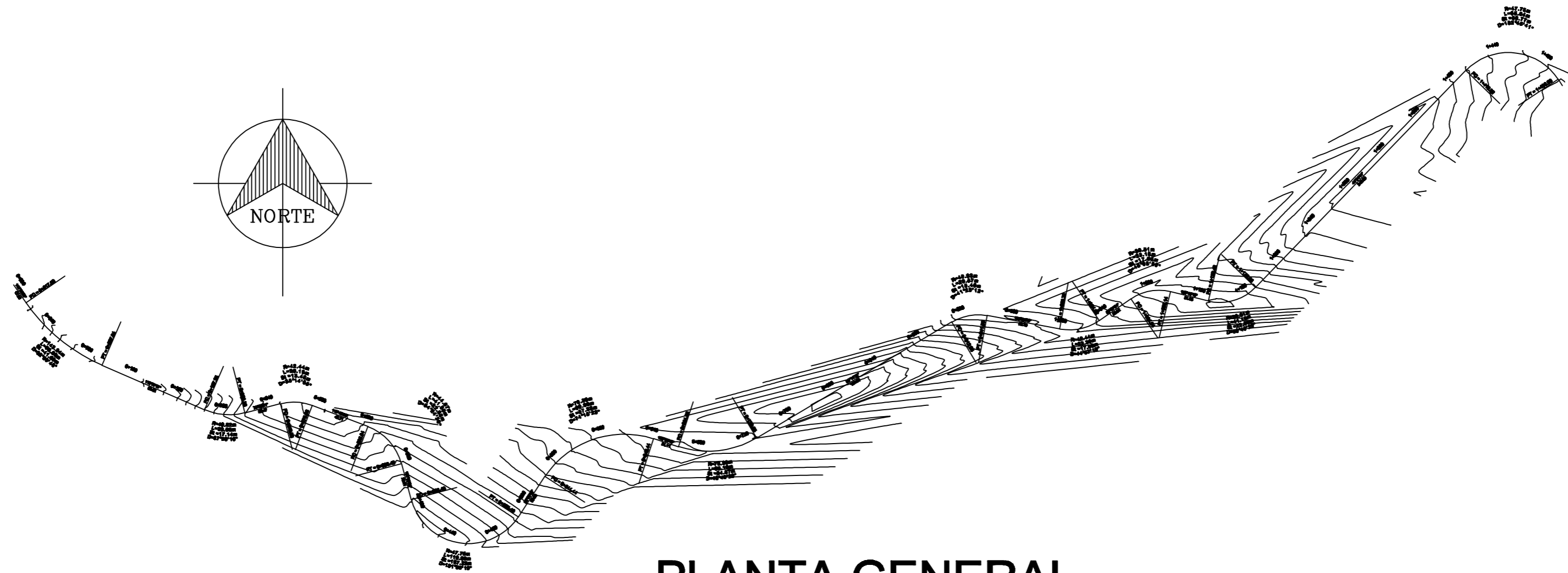


NOTA: LA LONGITUD DEL VOLADIZO DE LA CENEFA ES DE 30 CM MEDIDOS AL ROSTRO DEL MURO



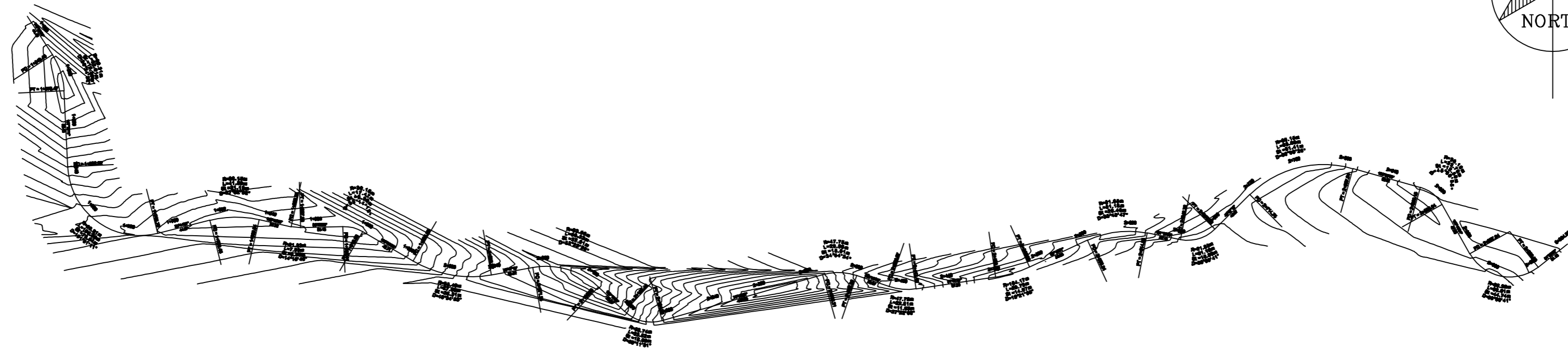
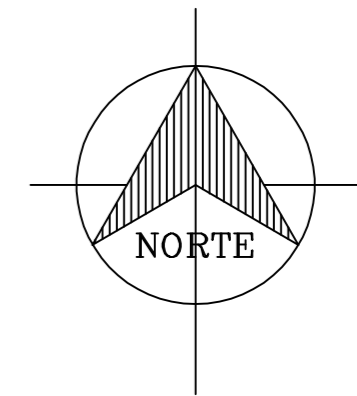
LA TERRAZA DEBE ESTAR CUBIERTA CON MEZCLON Y BLANQUEADO, LAS AGUAS PLUVIALES DEBEN SER CONDUCCIDAS SEGUN LO INDICADO EN LOS PLANOS HACIA LA BAJADA DE AGUAS PLUVIALES (B.A.P.) VER HOJA 9.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL		
PROYECTO: DISEÑO DE LA EDIFICACION DE DOS NIVELES PARA LOCALES COMERCIALES MUNICIPALES, PUERTO BARRIOS, IZABAL	ESCALA: INDICADA	
CONTENIDO: PLANO DE ELEVACIONES	FECHA: MAYO / 2011	
ASesor DE REVISION: ING. JUAN MERCK	DISEÑO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE	HOJA No. 12 / 12
DIBUJO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE	CALCULO: FERNANDO AUGUSTO VELÁZQUEZ CONDE	
Div. Planificación Alcalde Municipal		Ing. Juan Merck Cos Asesor EPS.



PLANTA GENERAL

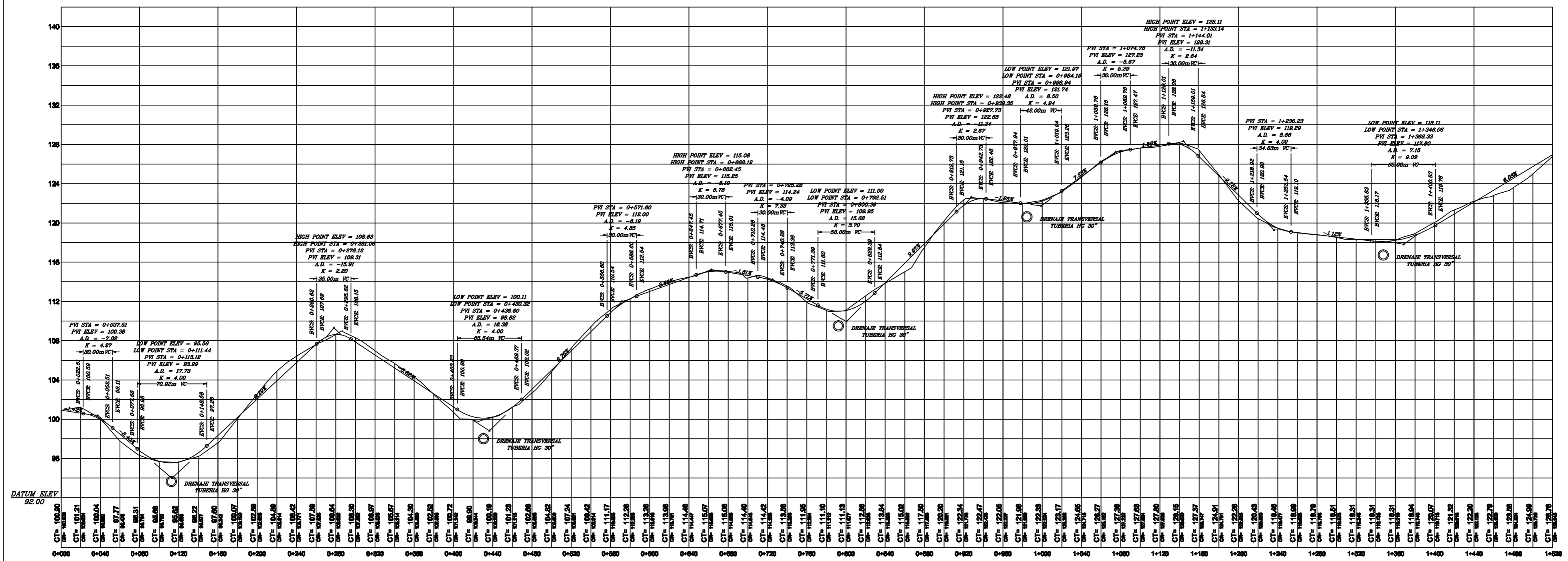
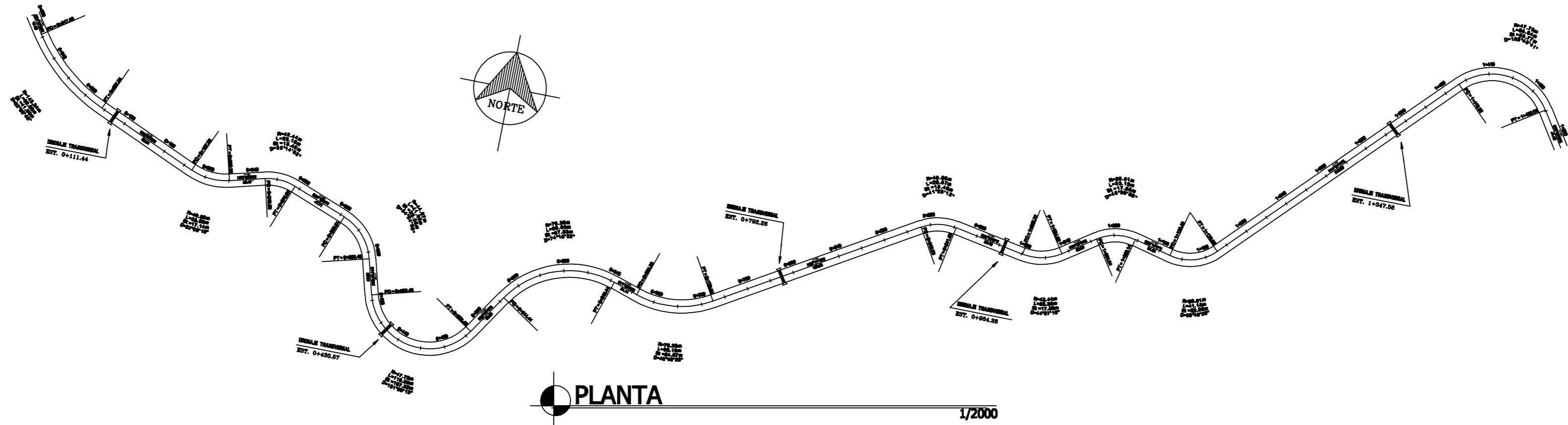
ESCALA 1/3000



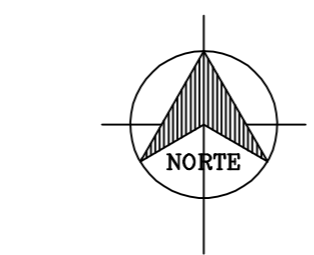
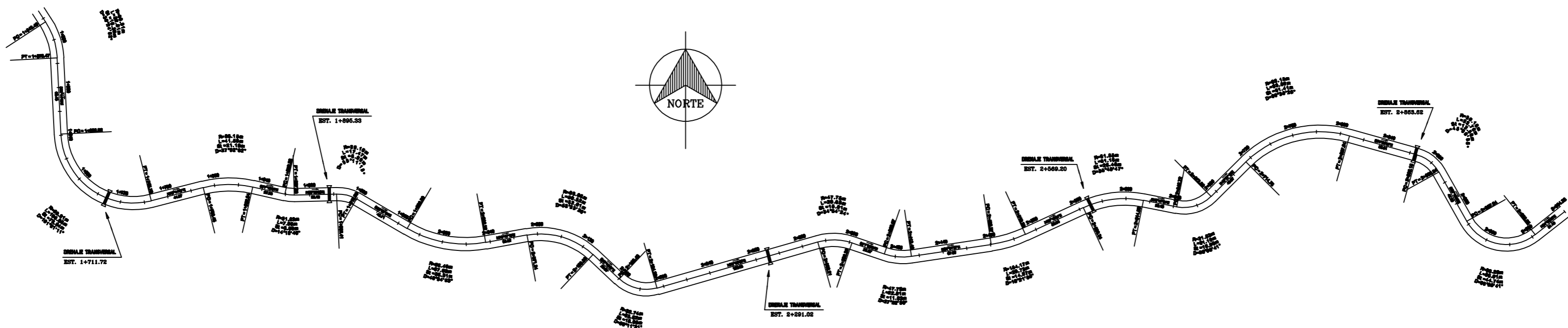
PLANTA GENERAL

ESCALA 1/3000

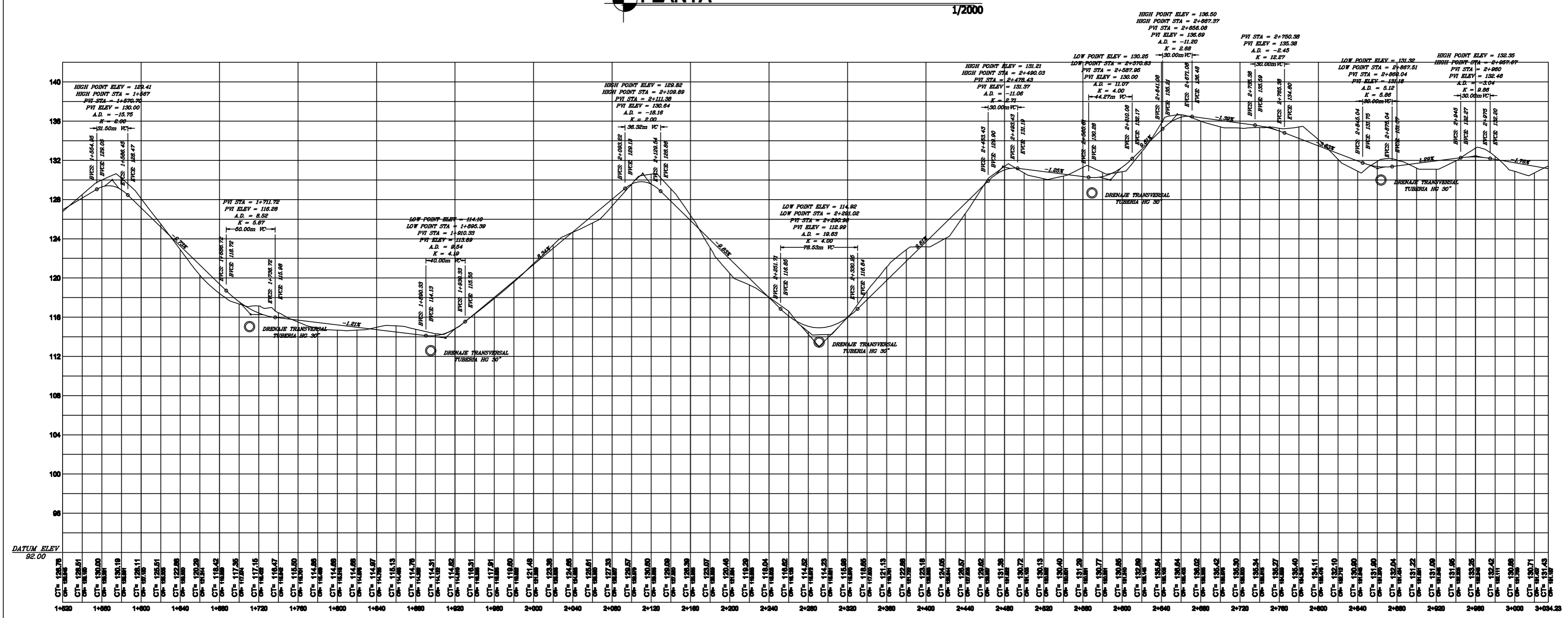
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL		
PROYECTO:	CARRETERA Y MANEJO HACIA ALBA EL COROZO	ESCALA INDICADA
CONTENIDO:	PLANTA GENERAL COROZO	FECHA: NOVIEMBRE / 2010
AREA DE DISEÑO: ING. JUAN PEREZ	DISEÑO: FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE	HOJA No. 1
REVISOR: FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE	CHIEF: FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE	8
Diseñó: Juan Pérez Alumno: Manabí		Ing. Juan Andrés Cárdenas Profesor EPS.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL			
PROYECTO:	CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA ALDEA EL COROZO, PUERTO BARRIOS, IZABAL	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	PLANTA - PERFIL	FECHA:	NOVIEMBRE / 2010
ÁREA DE MEDICIÓN:	ING. JUAN MIRICK	PROYECTO:	FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE
PROYECTO:	FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE	CHUBA:	FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE
		HORA No.:	2
		8	
Prof. Juan Mirick		Ing. Juan Mirick Con	
Alfredo Manzanal		Alfredo Manzanal	



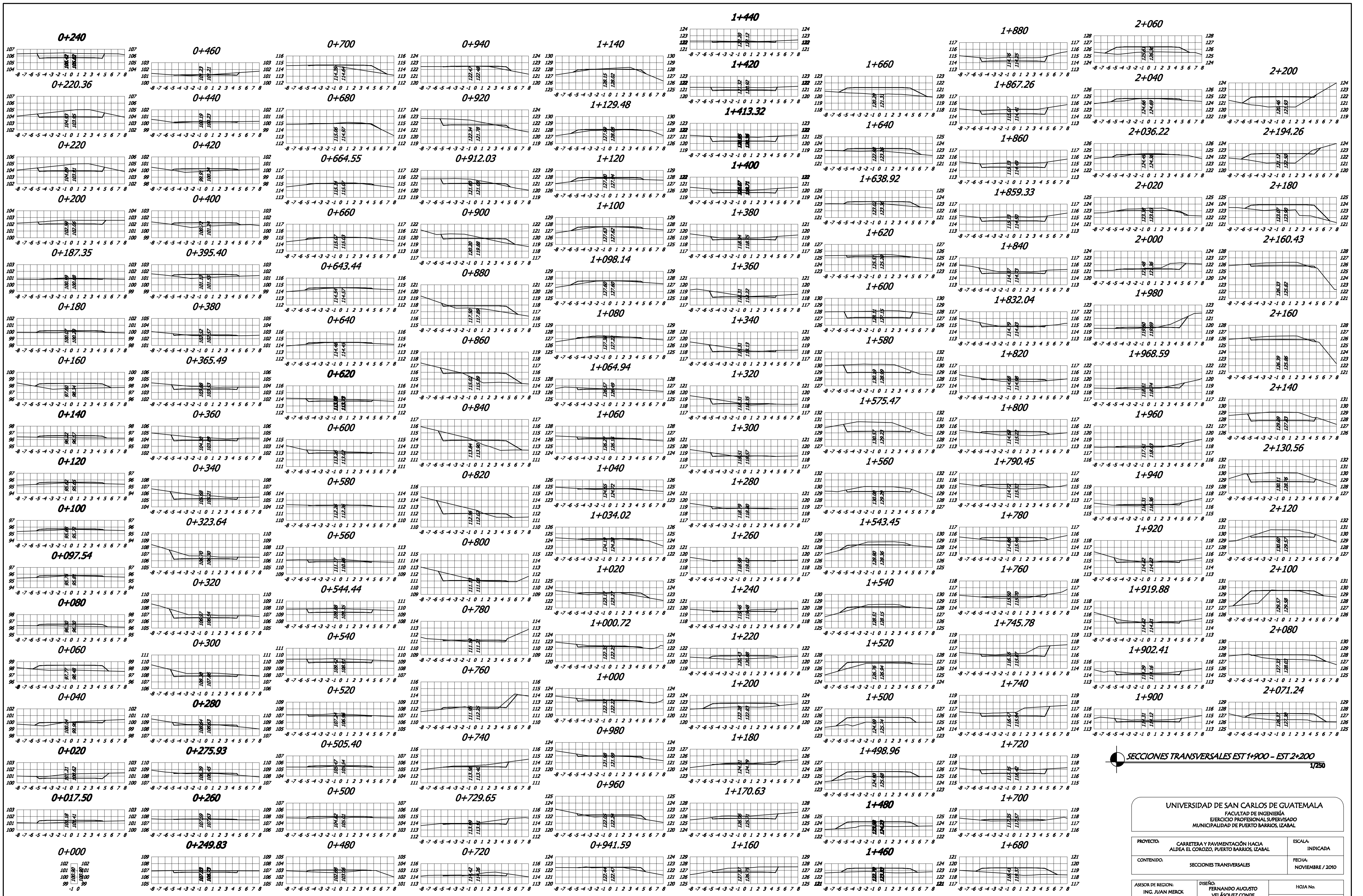
PLANTA 1/2000



PERFIL EST 1+520 A EST 3+034.23 1/2000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

PROYECTO: CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA ALDEA EL COZOZO, PUERTO BARRIOS, IZABAL	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL	FECHA: NOVIEMBRE / 2010
ÁREA DE MEDICIÓN: ING. JUAN MIRICK	DISEÑO: FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE
PROYECTO: FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE	CHUBA: FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE
HORA No.:	3
Perfil: Juan Mirick / Aldeas Manapal	Ing. Juan Mirick Con / Aldeas Manapal



SECCIONES TRANSVERSALES EST 0+000 - EST 1+880
1/250

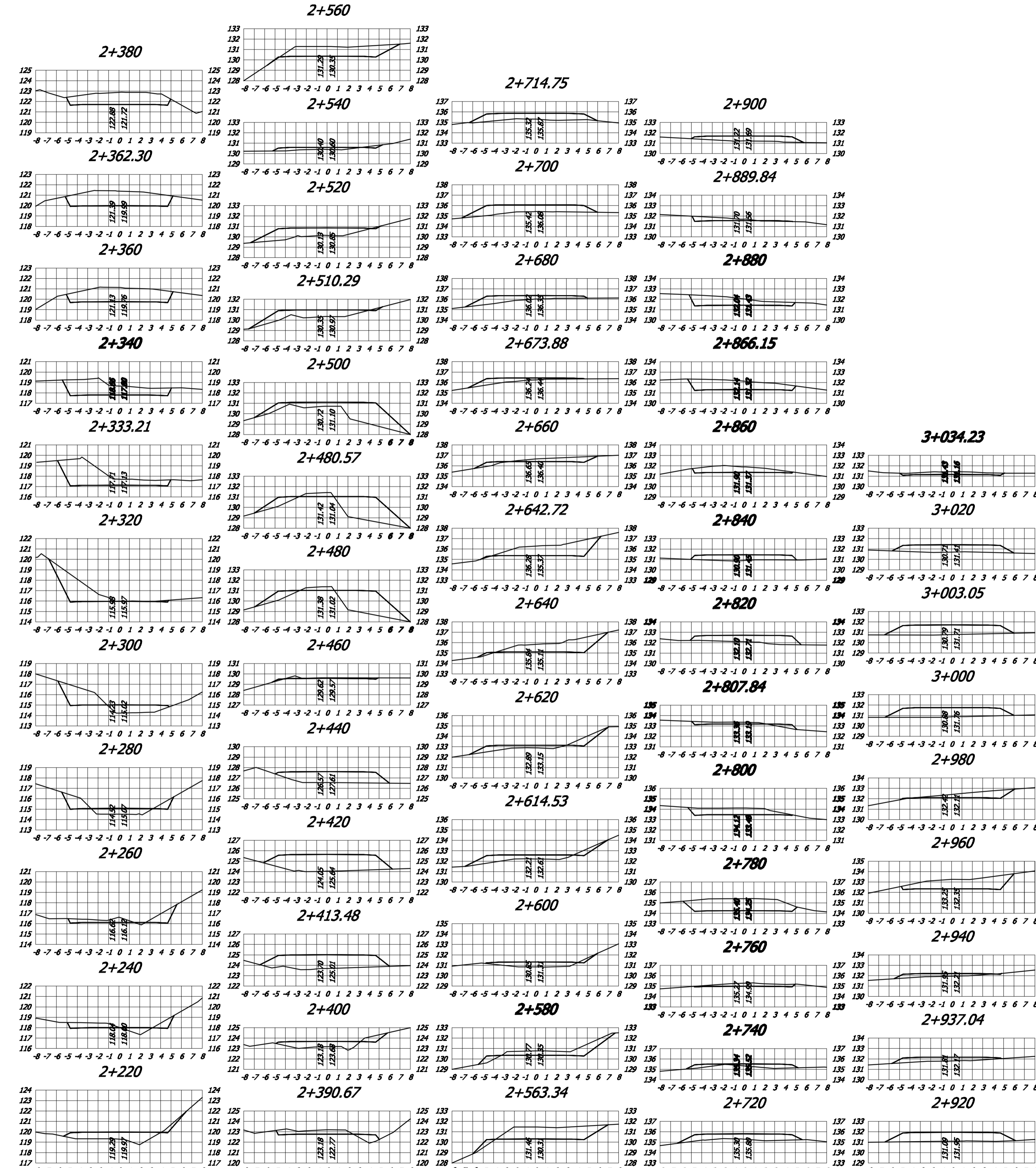
SECCIONES TRANSVERSALES EST 1+900 - EST 2+200
1/250

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL

PROYECTO:	CARRETERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA ALDEA EL COROZO, PUERTO BARRIOS, IZABAL.	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	SECCIONES TRANSVERSALES	FECHA:	NOVIEMBRE / 2010
ASESOR DE REGION:	ING. JUAN MERCK	DISEÑO:	FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE
DIBUJO:	FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE	CALCULO:	FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE
		HOJA No.	4 / 6

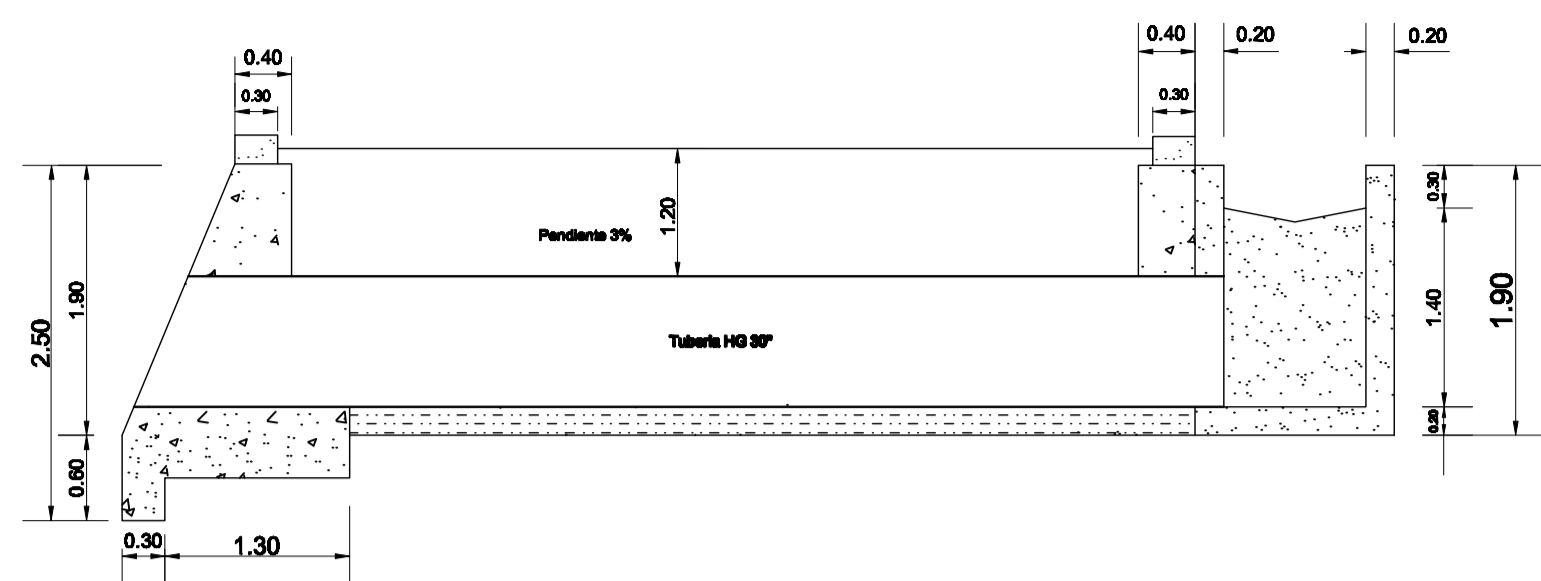
Davíd Pinalán, Asesor
Alcalde Municipal

Ing. Juan Merck Cos
Asesor E.T.S.



STACION	AREAS Square Meters		VOLUMES Cubic Meters		CUMULATIVE VOLUMES Cubic Meters	
	CUT	FILL	CUT	FILL	CUT	FILL
0+000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+017.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020	0.00	0.00	7.92	14.75	7.92	14.75
0+040	0.63	1.20	0.00	15.83	15.83	15.24
0+060	0.00	5.01	7.92	76.19	15.83	90.94
0+080	0.00	0.00	0.00	62.30	15.83	153.24
0+097.54	0.00	0.00	0.00	0.00	15.83	153.24
0+100	0.00	0.00	0.00	0.00	15.83	153.24
0+120	0.00	0.00	0.00	0.00	15.83	153.24
0+140	0.00	0.00	0.00	0.00	15.83	153.24
0+160	0.00	5.38	0.00	67.22	15.83	220.46
0+180	0.00	1.62	0.00	87.46	15.83	307.92
0+187.35	0.41	0.02	1.89	7.55	17.72	315.66
0+200	2.75	0.00	135.71	0.00	177.94	315.66
0+220	8.23	0.00	3.78	0.00	181.72	315.66
0+240	0.00	0.00	102.22	0.00	283.94	315.66
0+249.83	0.00	0.00	0.00	0.00	283.94	315.66
0+260	0.00	0.00	0.00	0.00	283.94	315.66
0+275.93	0.00	0.00	0.00	0.00	283.94	315.66
0+280	0.00	0.00	55.03	0.00	338.97	315.66
0+300	4.40	0.00	0.00	4.40	343.37	315.66
0+320	4.91	0.00	116.45	0.00	459.82	315.66
0+323.64	4.63	0.00	21.73	0.00	471.55	315.66
0+340	5.00	0.00	101.70	0.00	573.25	315.66
0+360	4.28	0.00	119.32	0.00	692.57	315.66
0+365.49	3.61	0.00	34.39	7.07	760.24	322.73
0+380	0.19	0.78	1.81	44.08	762.05	366.81
0+395.40	0.00	3.80	0.00	24.16	762.05	390.97
0+400	0.00	4.66	0.00	91.48	762.05	482.45
0+420	0.00	2.78	0.00	36.29	762.05	518.74
0+440	0.00	0.25	2.11	6.38	764.16	525.12
0+460	0.17	0.29	2.11	32.40	766.27	557.52
0+480	0.00	2.39	0.00	43.59	766.27	601.11
0+500	0.00	1.69	0.00	50.31	766.27	651.42
0+505.40	0.00	1.17	0.00	9.61	766.27	671.44
0+520	1.94	0.00	17.71	10.86	784.98	628.10
0+540	4.58	0.00	61.48	0.00	866.46	628.10
0+544.44	4.82	0.00	70.16	0.00	961.69	628.10
0+560	2.35	0.00	30.79	3.28	992.48	631.38
0+580	0.09	0.27	32.86	3.28	1025.33	634.66
0+600	2.50	0.00	31.54	0.00	1056.88	634.66
0+620	0.00	0.00	0.11	6.70	1056.99	641.36
0+640	0.01	0.53	0.02	3.27	1057.01	644.63
0+643.44	0.00	0.96	1.64	13.28	1058.66	657.91
0+660	0.16	0.32	1.20	1.61	1059.85	659.52
0+684.55	0.26	0.24	8.30	4.73	1068.16	664.24
0+680	0.59	0.23	8.70	0.63	1076.86	675.88
0+700	0.12	4.47	25.83	57.02	1103.79	732.86
0+720	2.05	0.03	27.87	0.19	1131.65	783.09
0+729.65	2.44	0.00	31.90	0.00	1163.55	783.09
0+740	2.49	0.00	73.51	17.77	1237.06	800.86
0+760	3.39	1.42	43.37	34.29	1280.43	835.16
0+780	0.07	1.32	43.47	33.04	1323.90	868.20
0+800	3.40	1.32	123.96	43.59	1447.86	911.79
0+820	6.51	2.17	126.64	110.24	1574.50	1022.03
0+840	3.62	6.65	59.68	198.35	1634.18	1220.38
0+860	1.16	9.21	17.10	185.68	1651.28	1406.06
0+880	0.21	5.64	43.45	96.20	1694.73	1502.26
0+900	3.26	2.06	55.22	22.59	1749.95	1524.85
0+912.03	4.08	0.95	46.49	7.75	1796.44	1532.60
0+920	4.83	0.84	64.96	26.65	1861.40	1558.25
0+940	0.01	1.58	0.05	5.97	1861.45	1562.22
0+941.59	0.04	1.74	1.98	53.57	1863.43	1615.79
0+960	0.13	2.91	5.55	45.82	1868.98	1661.61
0+980	0.31	0.75	18.09	21.52	1887.07	1683.13
1+000	1.13	0.97	1.03	0.76	1888.10	1683.89
1+000.72	1.14	0.72	13.72	39.45	1901.81	1723.34
1+020	0.00	2.30	1.29	30.97	1903.10	1754.31
1+024.02	0.13	1.17	0.63	7.45	1903.73	1761.76
1+040	0.03	0.82	12.47	12.27	1916.20	1774.03
1+060	0.96	0.16	5.43	0.81	1921.63	1774.84
1+064.94	0.79	0.10	15.84	2.43	1937.26	1777.26
1+080	0.81	0.17	9.27	16.59	1946.54	1793.85
1+098.14	0.01	1.25	0.02	2.80	1946.55	1796.65
1+100	0.00	1.15	0.05	42.25	1946.60	1838.90
1+120	0.00	2.23	0.00	21.64	1946.60	1860.54
1+125.48	0.00	1.42	6.46	15.45	1953.06	1875.99
1+140	0.96	0.94	88.72	11.93	2041.78	1887.92
1+160	5.93	0.00	68.12	0.00	2109.90	1888.05
1+170.63	4.13	0.00	36.41	0.13	2146.31	1888.18
1+180	2.09	0.02	26.17	73.69	2172.48	1961.75
1+200	0.00	9.87	70.04	0.00	2471.47	2161.79
1+220	0.00	3.85	0.00	121.49	2172.48	2083.24
1+240	1.44	0.09	18.00	49.20	2190.48	2132.43
1+260	0.11	0.12	19.36	2.61	2209.84	2135.05
1+280	0.28	0.27	4.80	4.80	2214.64	2139.85
1+300	0.87	0.20	14.33	5.78	2228.97	2145.63
1+320	1.78	0.53	33.15	9.10	2262.12	2154.73
1+340	3.17	0.02	61.94	6.85	2324.06	2161.58
1+360	3.02	0.00	77.37	0.21	2401.43	2161.79
1+380	2.59	0.00	70.04	0.00	2471.47	2161.79
1+400	0.00	0.00	32.34	0.00	2503.81	2161.79
1+400.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2503.81	2161.79
1+413.32	0.00	0.00	0.00	0.00	2503.81	2161.79
1+440	0.00	0.00	0.00	0.00	2503.81	2161.79
1+460	0.00	0.00	0.00	0.00	2503.81	2161.79
1+480	0.00	0.00	0.00	116.74	2503.81	2278.53
1+498.96	0.00	9.77	0.00	12.56	2503.81	2291.09
1+500	0.00	9.57	0.00	173.10	2503.81	2464.20
1+520	0.00	4.28	28.44	66.85	2530.25	2531.04
1+540	2.12	1.07	10.76	3.97	2541.01	2535.01

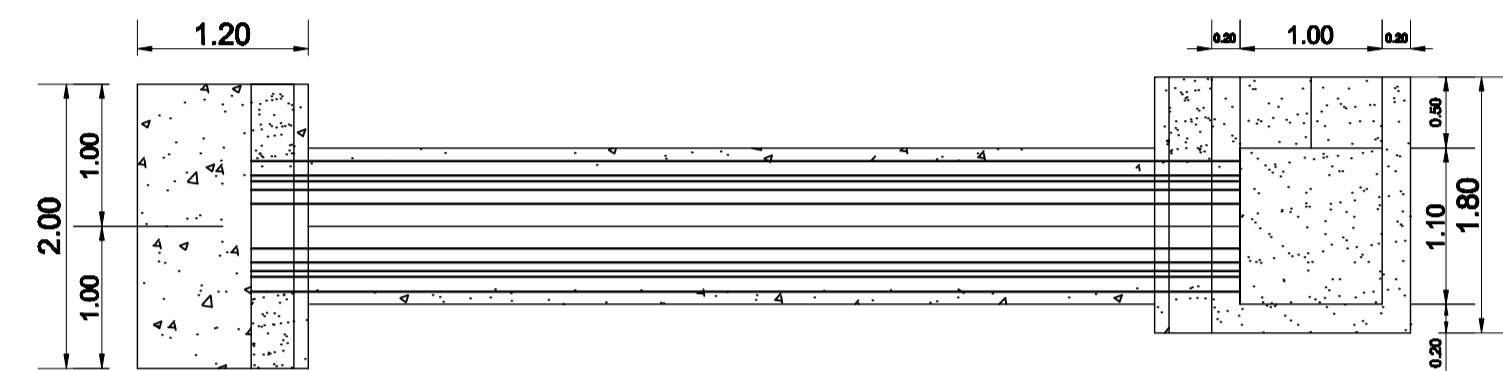
STACION	AREAS Square Meters		VOLUMES Cubic Meters		CUMULATIVE VOLUMES Cubic Meters		
	CUT	FILL	CUT	FILL	CUT	FILL	
1+543.45	2.87	0.77	90.40	8.25	2631.41	2543.26	
1+560	5.94	0.00	169.76	0.00	2801.17	2543.26	
1+575.47	11.55	0.00	62.42	0.00	2863.59	2543.26	
1+580	10.48	0.00	247.60	0.00	3111.19	2543.26	
1+600	9.33	0.00	142.16	0.00	3253.35	2543.26	
1+620	2.04	0.00	24.14	52.42	3277.49	2595.69	
1+638.92	0.00	4.43	0.00	6.43	3277.49	2602.12	
1+640	0.00	4.93	0.00	197.50	3277.49	2799.62	
1+660	0.00	10.67	0.00	253.18	3277.49	3052.80	
1+680	0.00	9.35	49.48	0.00	3567.60	3216.86	
1+700	0.00	1.86	0.00	140.84	3277.49	3193.64	
1+720	5.56	0.00	69.56	23.22	3347.05	3216.86	
1+740	7.95	0.00	171.07	0.00	3518.12	3216.86	
1+760	0.54	1.59	6.75	79.60	3626.66	3310.59	
1+780	0.00	4.78	0.00	64.86	3626.66	3375.46	
1+790.45	0.00	5.15	0.00	58.75	3626.66	3434.20	
1+800	0.00	4.74	0.00	1.47	89.87	3628.13	3524.07
1+820	0.11	2.53	7.67	20.86	3635.79	3544.93	
1+832.04	0.86	0.28	19.31	1.38	3655.10	3546.31	
1+840	3.02	0.00	106.68	0.00	3761.78	3546.31	
1+853.33	5.81	0.00	4.96	0.00	3766.74	3546.31	
1+860	5.88	0.00	56.12	0.00	3822.86	3546.31	
1+867.26	6.36	0.00	89.77	0.00	3912.62	3546.31	
1+880	4.91	0.00	0.00	0.00	3912.62	3546.31	
1+900	2.71	0.00	7.28	0.00	4015.18	3546.31	
1+902.41	2.12	0.00	41.46	0.00	4056.64	3546.31	
1+919.88	1.60	0.00	0.24	0.00	4056.88	3546.31	
1+920	1.59	0.00	27.85	8.32	4084.73	3554.63	
1+940	0.64	0.67	21.30	22.18	4106.03	3576.81	
1+960	1.07	1.11	14.15	11.74	4120.18	3588.55	
1+968.59	1.57	1.08	40.68	13.28	4160.86	3601.83	
1+980	3.85	0.82	101.59	11.04	4262.45	3612.87	
2+000	3.90	0.09	76.87	11.84	4339.33	3624.71	
2+020	2.12	0.84	26.32	14.66	4365.65	3639.37	
2+036.22	0.47	0.59	1.11	4.81	4366.76	3644.19	
2+040	0.00	1.45	0.00	132.70	4366.76	3776.97	
2+060	0.00	9.17	0.00	0.00	4366.76	3909.69	
2+071.24	0.00	9.72	0.06	86.26	4366.82	3995.95	
2+080	0.01	6.33	10.96	219.38	4377.31	4079.21	
2+100	0.06	8.26	46.63	0.75	4501.94	4967.27	
2+120	7.85	0.00	87.13	105.84	4464.90	4286.58	
2+132.56	11.66	0.00	127.57	0.00	4592.48	4286.58	
2+140	10.79	0.00	127.57	0.00	4724.93	4286.58	
2+160	4.33	0.15	188.97	1.93	4913.90	4288.51	
2+160.43	3.69	0.40	2.17	0.15	4916.08	4288.67	
2+180	0.00	0.00	44.79	123.53	4960.87	4412.19	
2+194.26	0.00	10.35	0.00	166.29	4960.87	4580.48	
2+200	0.13	11.48	0.46	78.35	4961.34	4658.83	
2+220	0.75	6.07	46.63	0.75	5018.94	4967.27	
2+240	2.98	1.06	84.21	14.76	5103.16	4982.03	
2+260	3.76	0.13	85.67	37.68	5188.83	5019.71	
2+280	3.10	2.89	108.39	86.46	5297.22	5108.17	
2+300	5.57	4.19	170.52	52.39	5467.74	5160.56	
2+320	8.07	0.00	167.77	0.00	5635.50	5160.59	
2+333.21	12.25	0.00	53.13	0.00	5688.63	5160.59	
2+340	0.00	0.00					



SECCION LONGITUDINAL

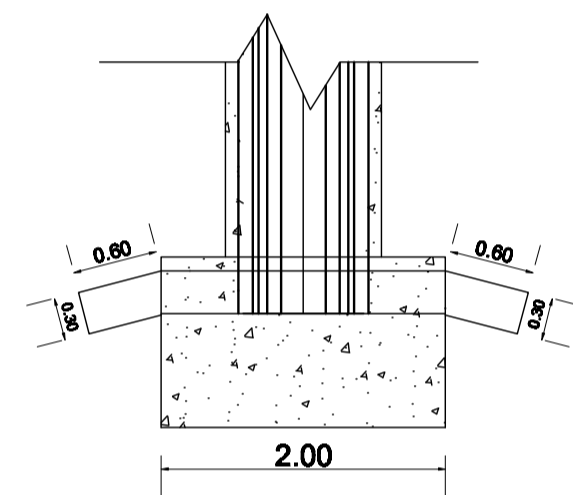
NOTA: El cabzal en relleno deberá usar alfileres (ver detalle 1)

Escala 1/50



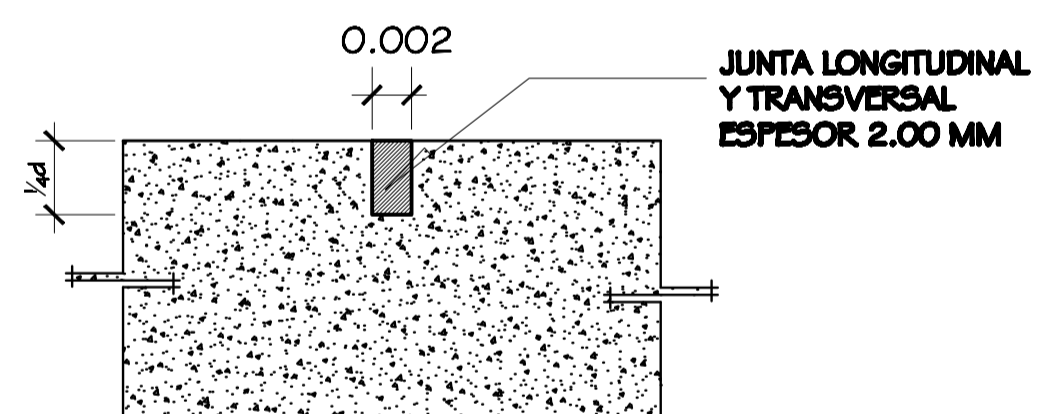
PLANTA

Escala 1/50



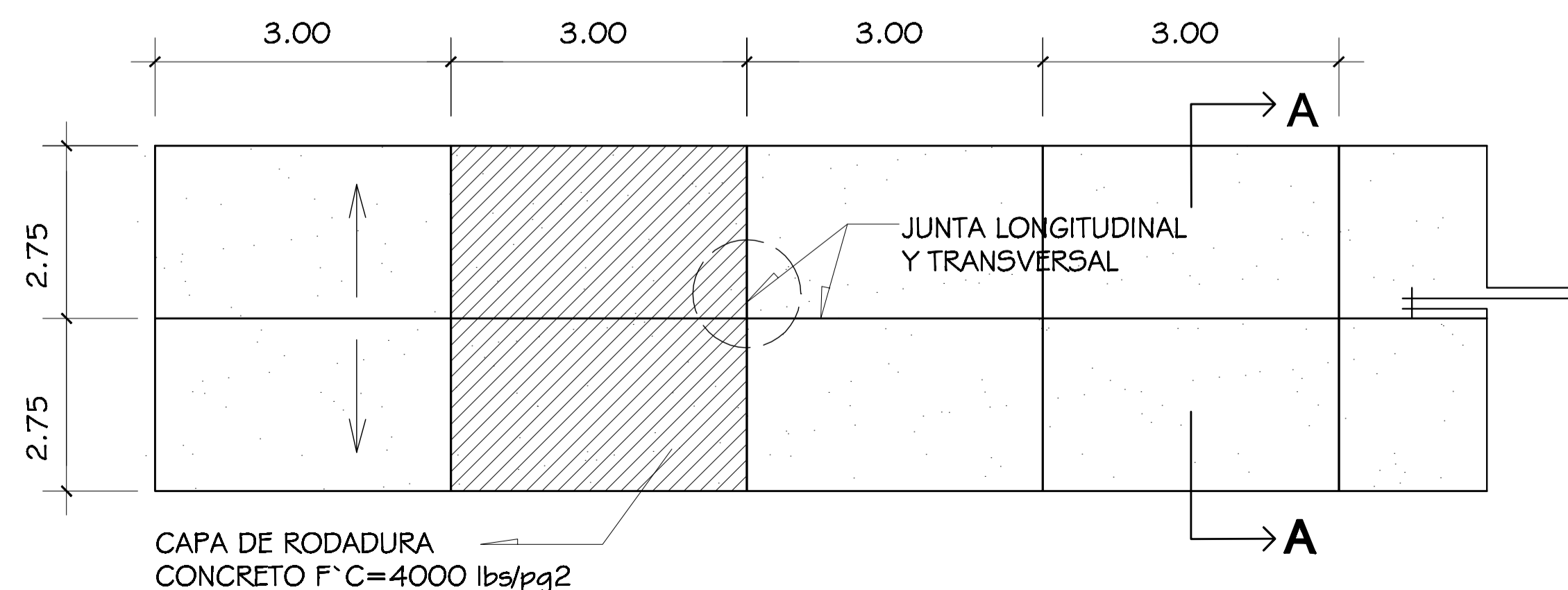
DETALLE 1 ALETONES

Escala 1/30



DETALLE DE JUNTA

SIN ESCALA



UBICACION DE JUNTA

ESCALA 1/50

ESPECIFICACIONES GENERALES

PAVIMENTO RÍGIDO

MATERIALES:

Cemento tipo Portland.

Agregado Grueso: Debe ser resistente al desgaste. Deben de consistir en grava o piedra trituradas con un diámetro promedio de 3/4".

Agregado Fino: Debe de estar limpio de impurezas, graduado adecuadamente y libre de materia orgánica. Debe de contener el 12 a 15 % del materia que pase la malla No. 5 del ensayo granulométrico, que ayuda al mejor manejo de la mezcla.

El Agua debe ser preferiblemente potable, libre de aceites, ácidos, azúcares, sales y libre de sedimentos, ni residuos, que pueden ser nocivos al concreto.

El espesor del pavimento debe ser de 0.17m y la Base debe ser de 0.10m.

Se colocaran juntas transversales y longitudinales, según detalle de planta.

La resistencia del concreto debera ser $f'c = 4,000$ PSI, para la losa de rodadura.

TRANSVERSALES

Entre la tubería y la rasante debe de haber una distancia no menos de 1.20 mts. evitando que pueda quedar expuesta.

La tubería HG corrugada debe tener una pendiente de 4 % mínimo hasta un 10% máximo para que pueda drenar el agua.

Cuando se rellene la zanja, ya colocada la tubería HG corrugada, debe ir compactado el suelo por capas de 0.20 mts.

Concreto Ciclópeo:

33 % de Piedra bola.

67 % de concreto $f'c = 3,000$ PSI.

Tubería Galvanizada con Pestaña:

Lamina de acero galvanizado con corruga de 2 2/3"x1/2"

y de secciones permeables de 2 pies de longitud útil.

Incluye pernos, tuercas y arandelas para su armado.

Pendiente máxima de 10 %, coeficiente de rugosidad $n = 0.024$.

Soporte de carga tipo H-25 y E-80 en un 80 % Proctor.

PERALTE

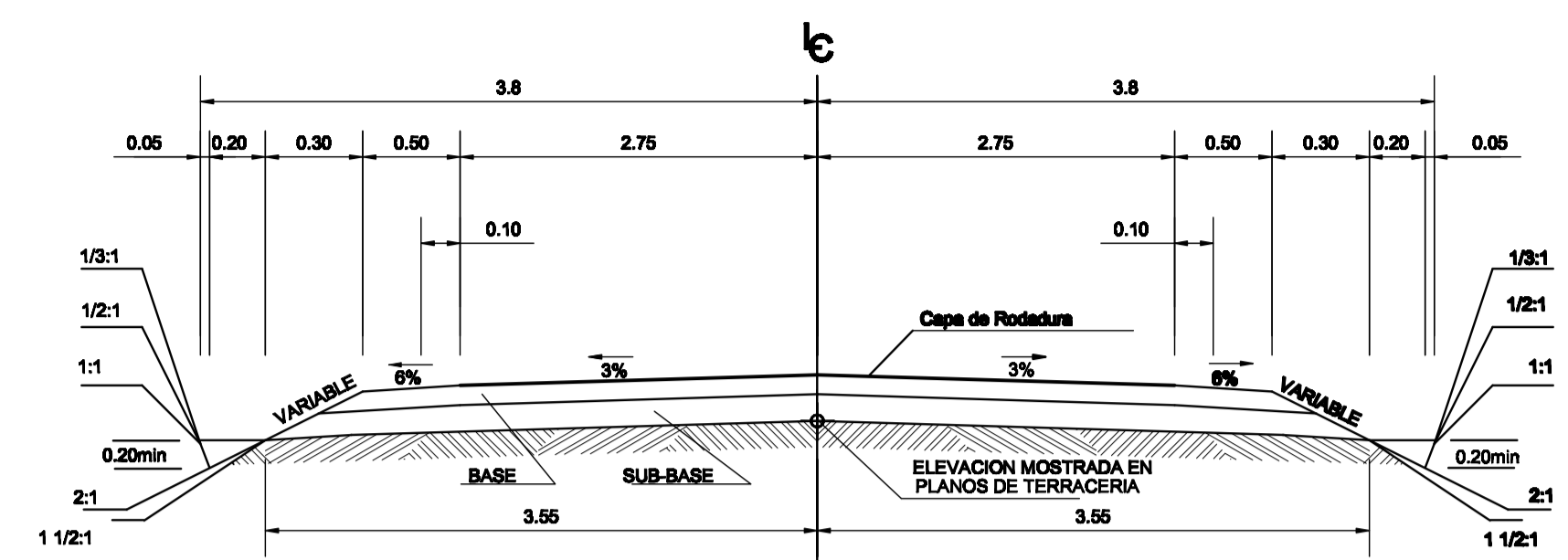
Entre el PC y PT deben tener entre el 60 % y el 80 % del peralte total.

La transición de peralte se realiza una parte en la recta y la otra parte en la curva.

El sobre ancho mínimo sera exactamente el hombro (0.50 m.).

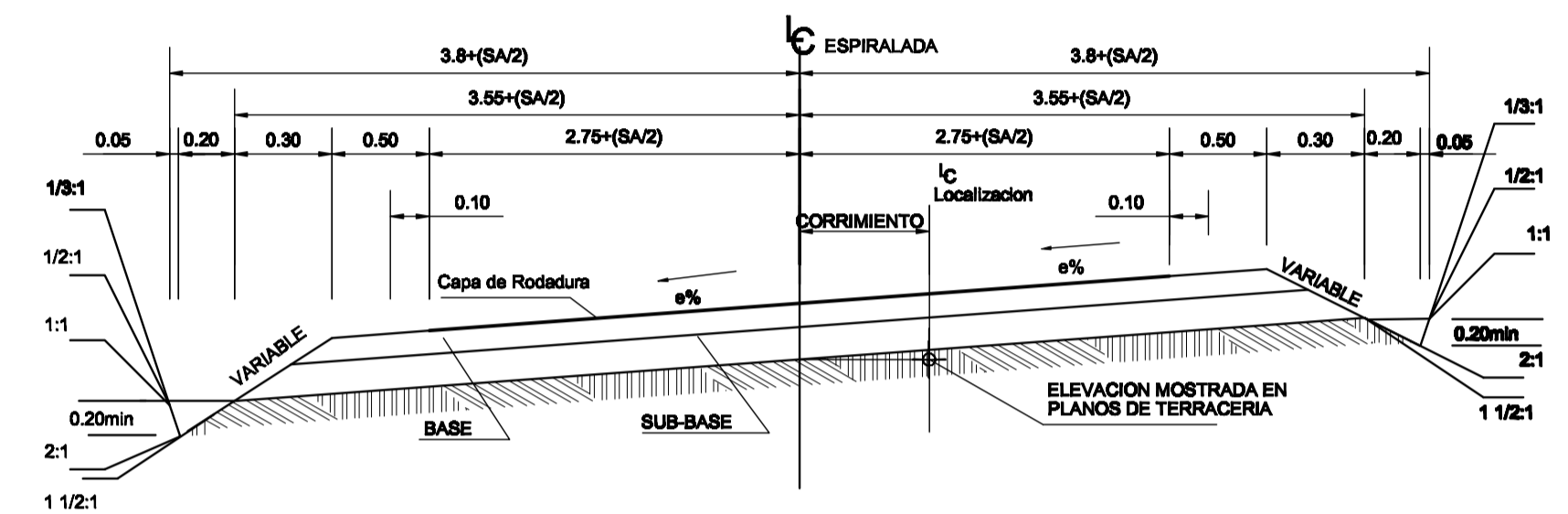
Sobre anchos mayores que el hombro, se le suma la diferencia entre (SA-Hombro).

La pendiente de bombeo es 3 %.



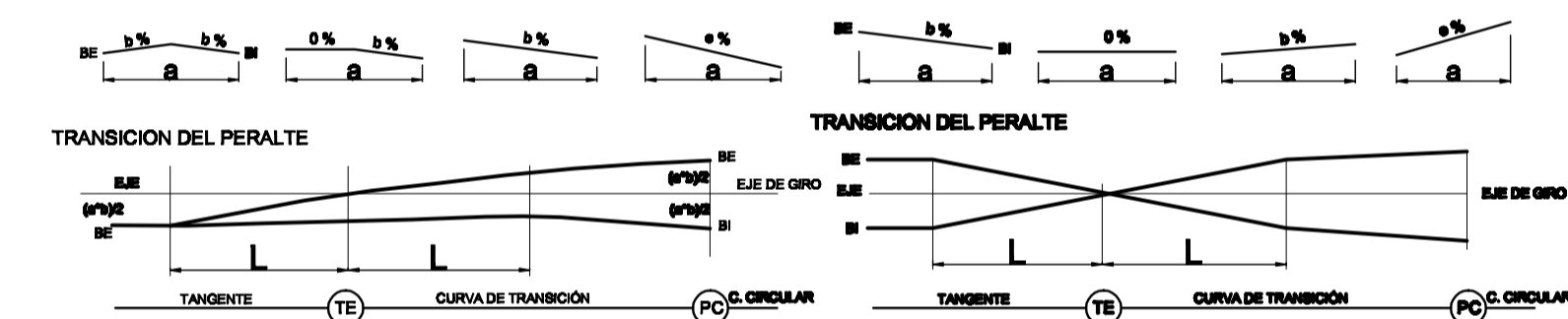
ALINEACION RECTA

1/50



ALINEACION CURVA

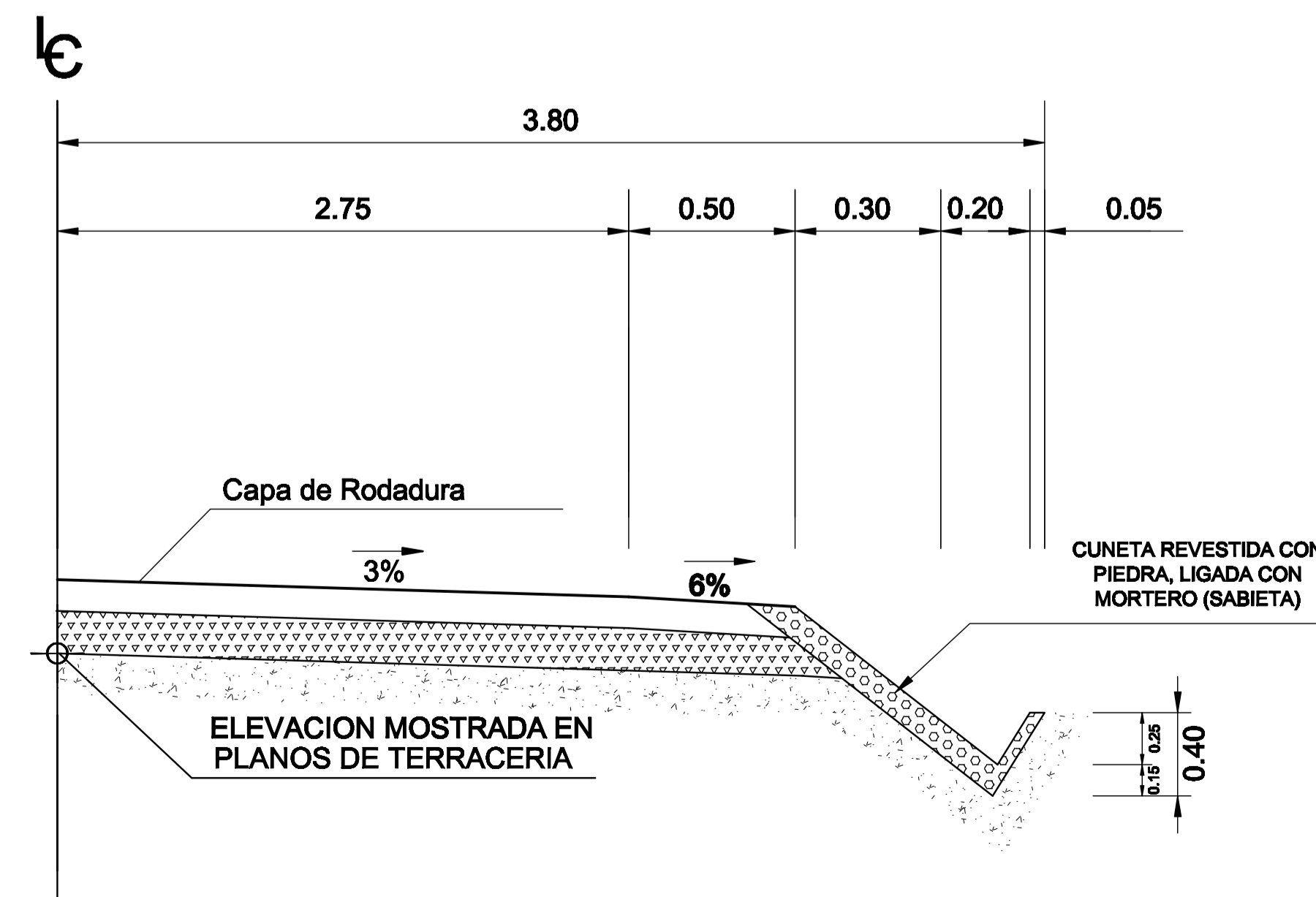
1/50



Donde:
 a = ancho de plataforma.
 b = bombeo.
 e = peralte.
 BI = borde interior de la calzada.
 BE = borde exterior de la calzada.
 L = 40 m. Máximo en carreteras de calzadas separadas.
 L = 20 m. Máximo en carreteras de calzada única.

DESVANECIMIENTO DEL BOMBEO Y TRANSICIÓN DEL PERALTE

SIN ESCALA



DETALLE DE CUNETA REVESTIDA

ESCALA 1/25

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Superficie de rodadura 5.50 m.
- Bombeo 3%
- Velocidad de diseño de 30 km/h.
- Espesor de Base 0.10 m.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE PUERTO BARRIOS, IZABAL			
PROYECTO:	CARRERA Y PAVIMENTACIÓN HACIA ALDEA EL COROZO, PUERTO BARRIOS, IZABAL	ESCALA:	INDICADA
CONTENIDO:	PLANO DE DETALLES	FECHA:	NOVIEMBRE / 2010
ASESOR DE REVISIÓN:	ING. JUAN MÉRICA	DISEÑO:	FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE
DIBUJO:	FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE	CALCULO:	FERNANDO AUGUSTO VELÁSQUEZ CONDE
		HOJA No.:	8
			8

David Pineda Acevedo
Alcalde Municipal

Ing. Juan Merica Cos
Asesor E.P.S.

Anexos

Anexo 1

Figura 68. Ensayo de compresión triaxial



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

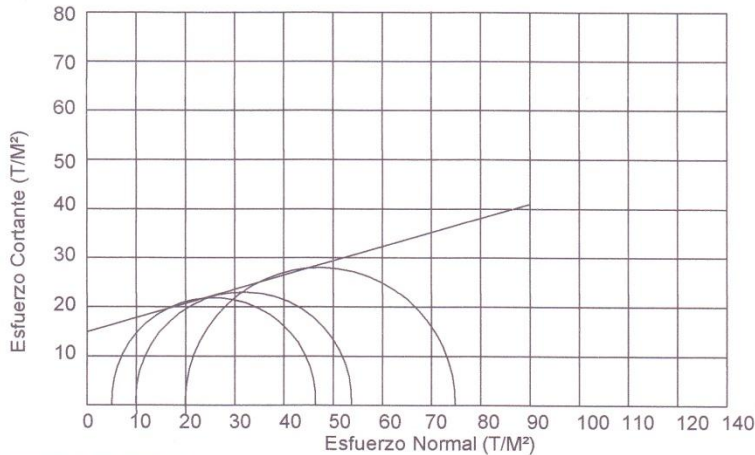


Nº 15853

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 0429 S.S. O.T.No.: 28,008

INTERESADO: Fernando Augusto Velazquez conde
PROYECTO: EPS- Diseño de Edificación de dos Niveles para Locales Municipales
UBICACIÓN: Municipio de Puerto Barrios, Departamento de Izabal
pozo: 1 Profundidad: 1.5 Muestra: 1
Fecha: 22 de septiembre del 2011



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 31.28^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 13.30 \text{ T/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
DESCRIPCION DEL SUELO: Arcilla limosa color café claro
DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m ²)	58.1	66.51	90.4
PRESION INTERSTICIAL u(T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	2.5	4	8
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.31	1.31	1.31
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.56	1.56	1.56
HUMEDAD (%H)	18.27	18.27	18.27

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



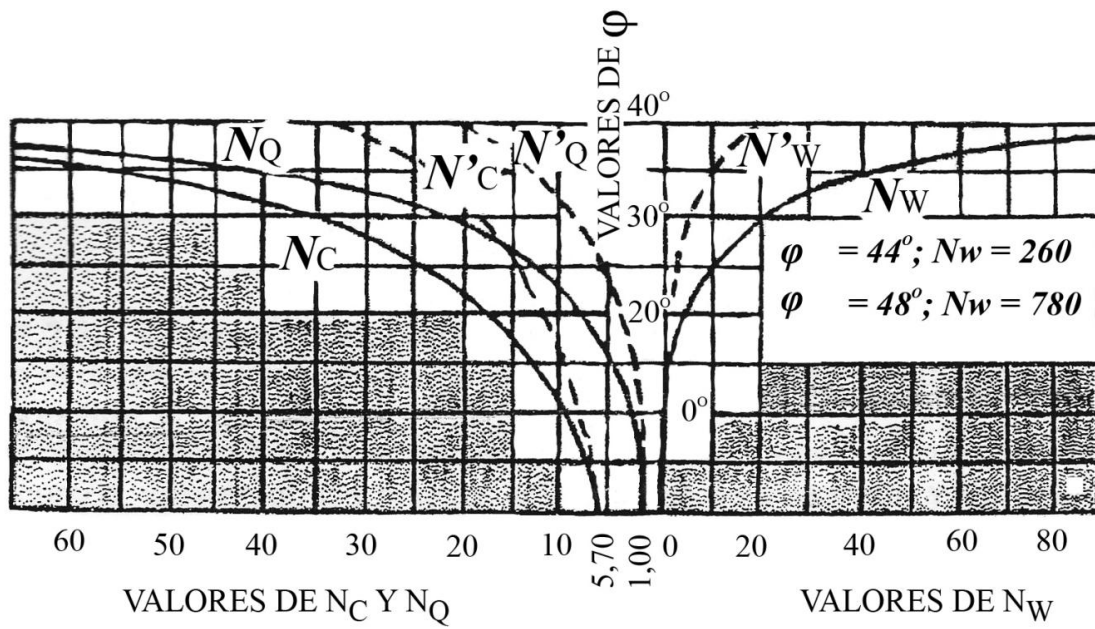
Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



Anexo 2

Figura 69. Curvas de trazo continuo



Fuente: Cabrera, Jadenon. Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1.

Anexo 3

Figura 70. **Zonificación sísmica de Guatemala**



Fuente: dato obtenido de SEAOC.

Tabla XXVIII. **Coeficientes sísmicos**

RIESGO	ZONA	COEFICIENTE Z
Ausencia de daño sísmico	0	0.00
Daño menor (intensidades de 5 y 6 EMM)	1	0.25
Daño moderado (intensidad 7 EMM)	2	0.50
Daño mayor (intensidad 8 y mas EMM)	3	1.00

Fuente: datos obtenidos de SEAOC.

Anexo 4

Tabla XXIX. Coeficientes para losas en dos sentidos

TABLA 12.3
Coeficientes para momentos negativos en losas^a

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} w l_a^2$$

donde w = carga muerta más viva uniforme total

$$M_{b,neg} = C_{b,neg} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.045 0.045	0.076	0.050 0.050	0.075	0.071	0.071	0.033 0.061	0.061 0.033
0.95	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.050 0.041	0.072	0.055 0.045	0.079	0.075	0.067	0.038 0.056	0.065 0.029
0.90	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.055 0.037	0.070	0.060 0.040	0.080	0.079	0.062	0.043 0.052	0.068 0.025
0.85	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.060 0.031	0.065	0.066 0.034	0.082	0.083	0.057	0.049 0.046	0.072 0.021
0.80	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.065 0.027	0.061	0.071 0.029	0.083	0.086	0.051	0.055 0.041	0.075 0.017
0.75	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.069 0.022	0.056	0.076 0.024	0.085	0.088	0.044	0.061 0.036	0.078 0.014
0.70	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.074 0.017	0.050	0.081 0.019	0.086	0.091	0.038	0.068 0.029	0.081 0.011
0.65	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.077 0.014	0.043	0.085 0.015	0.087	0.093	0.031	0.074 0.024	0.083 0.008
0.60	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.081 0.010	0.035	0.089 0.011	0.088	0.095	0.024	0.080 0.018	0.085 0.006
0.55	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.084 0.007	0.028	0.092 0.008	0.089	0.096	0.019	0.085 0.014	0.086 0.005
0.50	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.086 0.006	0.022	0.094 0.006	0.090	0.097	0.014	0.089 0.010	0.088 0.003

^a Un borde achurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

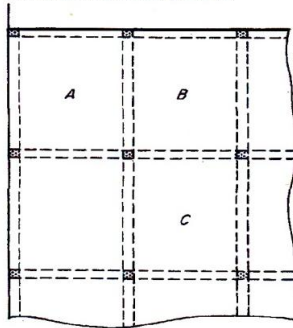


FIGURA 12.8
Planta de una losa de piso típica en dos direcciones con vigas en los ejes de columnas.

Fuente: Nilson, Arthur. Diseño de estructuras de concreto, p. 378.

TABLA 12.4

Coefficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas

$$M_{a,pos,dl} = C_{a,dl} w l_a^2$$

donde w = carga muerta uniforme total

$$M_{b,pos,dl} = C_{b,dl} w l_b^2$$

Relación	Caso1	Caso2	Caso3	Caso4	Caso5	Caso6	Caso7	Caso8	Caso9
l_b									
1.00	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.036 0.018	0.018 0.018	0.027 0.027	0.027 0.018	0.033 0.027	0.027 0.033	0.020 0.023	0.023 0.020
0.95	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.040 0.033	0.020 0.016	0.021 0.025	0.030 0.024	0.028 0.015	0.036 0.024	0.031 0.031	0.022 0.021
0.90	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.045 0.029	0.022 0.014	0.025 0.024	0.033 0.022	0.029 0.013	0.039 0.021	0.035 0.028	0.025 0.019
0.85	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.050 0.026	0.024 0.012	0.029 0.022	0.036 0.019	0.031 0.011	0.042 0.017	0.040 0.025	0.029 0.017
0.80	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.056 0.023	0.026 0.011	0.034 0.020	0.039 0.016	0.032 0.009	0.045 0.015	0.045 0.022	0.032 0.015
0.75	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.061 0.019	0.028 0.009	0.040 0.018	0.043 0.013	0.033 0.007	0.048 0.012	0.051 0.020	0.036 0.013
0.70	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.068 0.016	0.030 0.007	0.046 0.016	0.046 0.011	0.035 0.005	0.051 0.009	0.058 0.017	0.040 0.011
0.65	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.074 0.013	0.032 0.006	0.054 0.014	0.050 0.009	0.036 0.004	0.054 0.007	0.065 0.014	0.044 0.009
0.60	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.081 0.010	0.034 0.004	0.062 0.011	0.053 0.007	0.037 0.003	0.056 0.006	0.073 0.012	0.048 0.007
0.55	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.088 0.008	0.035 0.003	0.071 0.009	0.056 0.005	0.038 0.002	0.058 0.004	0.081 0.009	0.052 0.005
0.50	$C_{a,dl}$ $C_{b,dl}$	0.095 0.006	0.037 0.002	0.080 0.007	0.059 0.004	0.039 0.001	0.061 0.003	0.089 0.007	0.056 0.004

* Un borde **achurado** indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde **sin marcas** indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: Nilson, Arthur. Diseño de estructuras de concreto, p. 379.

TABLA 12.5

Coefficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas

$$M_{a, pos, ll} = C_{a, ll} w l_a^2$$

donde w = carga viva uniforme total

$$M_{b, pos, ll} = C_{b, ll} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$C_{a, ll}$ 0.036 $C_{b, ll}$ 0.036	0.027 0.027	0.027 0.032	0.032 0.032	0.032 0.027	0.035 0.032	0.032 0.035	0.028 0.030	0.030 0.028
0.95	$C_{a, ll}$ 0.040 $C_{b, ll}$ 0.033	0.030 0.025	0.031 0.029	0.035 0.029	0.034 0.024	0.038 0.029	0.036 0.032	0.031 0.027	0.032 0.025
0.90	$C_{a, ll}$ 0.045 $C_{b, ll}$ 0.029	0.034 0.022	0.035 0.027	0.039 0.026	0.037 0.021	0.042 0.025	0.040 0.029	0.035 0.024	0.036 0.022
0.85	$C_{a, ll}$ 0.050 $C_{b, ll}$ 0.026	0.037 0.019	0.040 0.024	0.043 0.023	0.041 0.019	0.046 0.022	0.045 0.026	0.040 0.022	0.039 0.020
0.80	$C_{a, ll}$ 0.056 $C_{b, ll}$ 0.023	0.041 0.017	0.045 0.022	0.048 0.020	0.044 0.016	0.051 0.019	0.051 0.023	0.044 0.019	0.042 0.017
0.75	$C_{a, ll}$ 0.061 $C_{b, ll}$ 0.019	0.045 0.014	0.051 0.019	0.052 0.016	0.047 0.013	0.055 0.016	0.056 0.020	0.049 0.016	0.046 0.013
0.70	$C_{a, ll}$ 0.068 $C_{b, ll}$ 0.016	0.049 0.012	0.057 0.016	0.057 0.014	0.051 0.011	0.060 0.013	0.063 0.017	0.054 0.014	0.050 0.011
0.65	$C_{a, ll}$ 0.074 $C_{b, ll}$ 0.013	0.053 0.010	0.064 0.014	0.062 0.011	0.055 0.009	0.064 0.010	0.070 0.014	0.059 0.011	0.054 0.009
0.60	$C_{a, ll}$ 0.081 $C_{b, ll}$ 0.010	0.058 0.007	0.071 0.011	0.067 0.009	0.059 0.007	0.068 0.008	0.077 0.011	0.065 0.009	0.059 0.007
0.55	$C_{a, ll}$ 0.088 $C_{b, ll}$ 0.008	0.062 0.006	0.080 0.009	0.072 0.007	0.063 0.005	0.073 0.006	0.085 0.009	0.070 0.007	0.063 0.006
0.50	$C_{a, ll}$ 0.095 $C_{b, ll}$ 0.006	0.066 0.004	0.088 0.007	0.077 0.005	0.067 0.004	0.078 0.005	0.092 0.007	0.076 0.005	0.067 0.004

^a Un borde **achurado** indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde **sin marcas** indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: Nilson, Arthur. Diseño de estructuras de concreto, p. 380.

Anexo 5

Figura 71. **Ensayo de límites de Atterberg**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 15883

INFORME No. 396 S.S.

O.T. No. 28,009

Interesado: Fernando Augusto Velasquez Conde
Proyecto: EPS- Diseño de Carretera hacia Aldea Corozo

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Milla 3, Municipio de Puerto Barrios, Departamento de Izabal
Muestra: 1
FECHA: 22 de septiembre del 2011 Profundidad: 1,50m

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	28.7	5.3	SM	Fragmentos de roca con arena limosa color gris

(*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones: Muestra tomada por el personal de laboratorio.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



Anexo 6

Figura 72. Ensayo de granulometría



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 15882

INFORME No. 395 S.S.

O.T. No. 28,009

Interesado: Fernando Augusto Velasquez Conde

Tipo de Ensayo: Con tamices y lavado previo.

Norma: A.A.S.H.T.O. T-27

Fecha: 23 de septiembre del 2011

Proyecto: EPS- Diseño de Carretera hacia Aldea Corozo

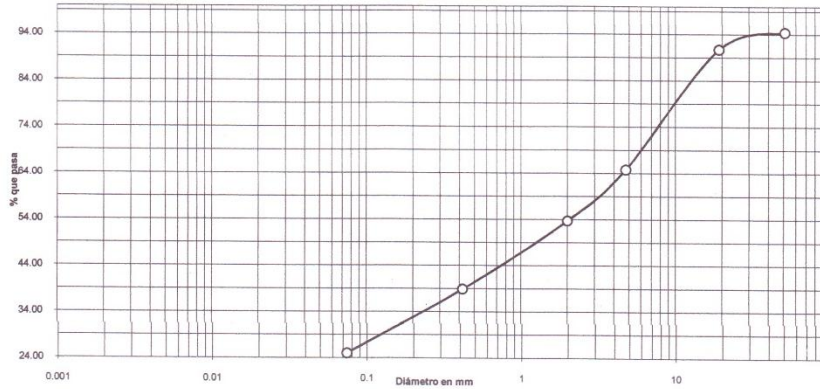
Procedencia: Milla 3, Municipio de Puerto Barrios, Departamento de Izabal

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
		100.00
1 1/2"	50.8	94.44
3/4"	19.05	90.74
4	4.76	64.81
10	2	53.70
40	0.42	38.89
200	0.074	25.00

% de Grava: 35.19

% de Arena: 39.81

% de Finos: 25.00



Descripción del suelo: Fragmentos de roca con arena limosa color gris

Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-1-b

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTOR CII/USAC.



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



Anexo 7

Figura 73. Ensayo de Proctor

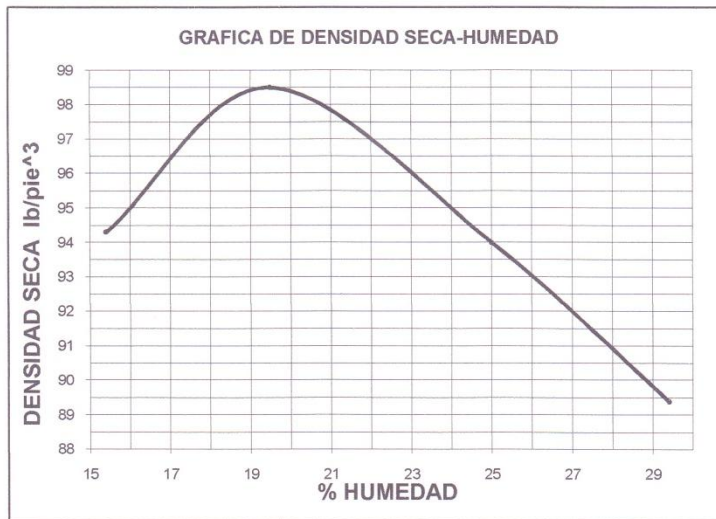


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 15907

INFORME No.: 0430 S.S. O.T. No.: 28,009
Interesado: Fernando Augusto Velasquez Conde Proctor Estándar: () Norma:
Asunto: EPS-Diseño de Carretera hacia Aldea Corozo Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180
Ubicación: Milla 3, Municipio de Puerto Barrios, Departamento de Izabal
Fecha: 22 de septiembre del 2011



Muestra No.: 1
Descripción del suelo: Arcilla limo arenosa con fragmentos de roca color gris
Densidad seca máxima γ_d : 1578 Kg/m³ 98.5 lb/ft³
Humedad óptima Hop.: 19.5 %
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Vo. Bo.:

Atentamente,

Inga. Telma Maricela Cano
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Anexo 8

Figura 74. Ensayo de CBR



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



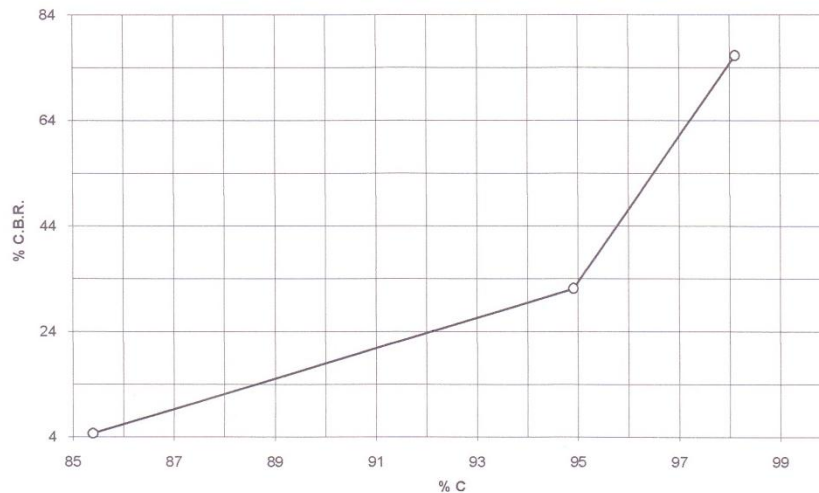
Nº 15908

INFORME No.: 0431 S.S. O.T. No.: 28,009
Interesado: 0
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
Proyecto: EPS- Diseño de Carretera hacia Aldea Corozo

Ubicación: Milla 3, Municipio de Puerto Barrios, Departamento de Izabal
Descripción del suelo: Arcilla limo arenosa con fragmentos de roca color gris
Muestra No.: 1
Fecha: 22 de septiembre del 2011

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d Lb/pie ³			
1	10	19.50	84.1	85.4	0.2	4.7
2	30	19.50	93.5	94.9	0.3	32.1
3	65	19.50	96.6	98.1	0.3	76.2

GRAFICA DE % C.B.R.-% DE COMPACTACION



Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



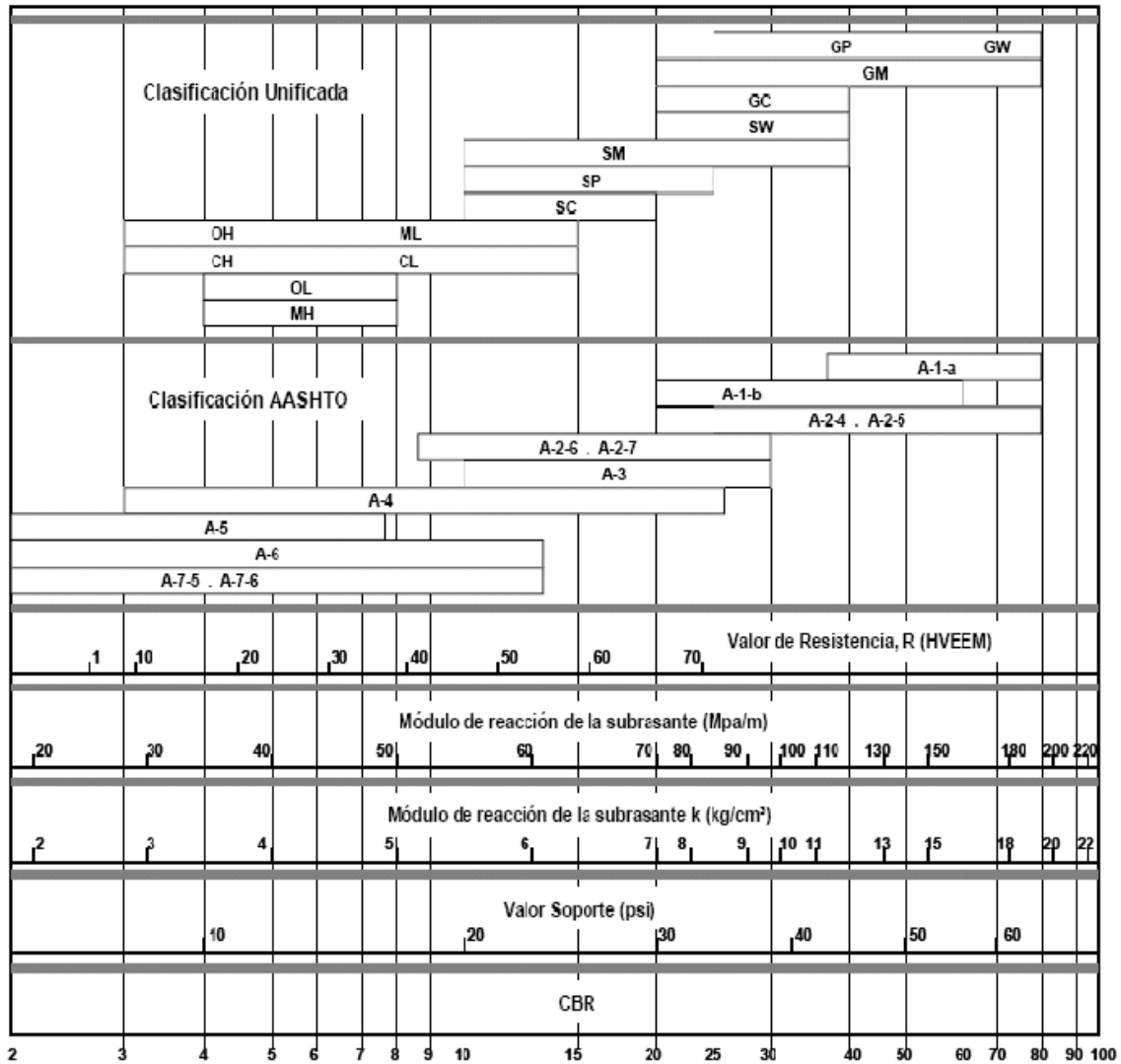
Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Anexo 9

Figura 75. Determinación de la reacción K por medio del C.B.R.



Fuente: Instituto Americano de Concreto (ACI).